



工學

國立中央圖書館
圖書部

THE ENGINEER

NO. 1

國立中央大學工學院

K
405
160.57

工學第一期創刊號目次

民國十九年六月一日出版

插圖： 工學院全體攝影
材料試驗室試驗機攝影

論評： 工學發刊詞 陳懋解..... 1頁
建設事業之過去與其將來 陳悟皆..... 2—6頁
機械工程之前途 錢祥標..... 7—8頁
化學工程之意義及其應用 丁嗣賢... 9—13頁
本院宜添設鑄冶工程科之理由 陸志鴻... 14—16頁
工程學生與新中國 沙玉清記... 17—19頁

著述： 甘蔗糖蜜製造酒精法之實地經驗 陳駒聲... 20—29頁
The Effect of heat Treatment upon
the drawing properties of steel wires 錢祥標... 30—76頁
北平清宮三殿參觀記 劉敦楨... 77—86頁
偏光彈性學概說(Photo-elasticity) 陸志鴻 87—124頁
近代金屬材料中之鋁及其合金 陸志鴻 125—157頁
數種國產水泥試驗結果 陸志鴻 158—166頁

調查： 日本電氣事業之概況 陸志鴻 167—185頁
龍潭中國水泥公司概況 沙玉清 186—190頁
調查江蘇宜興陶業報告 董致誠 191—202頁
翻譯 橫跨漢森河大吊橋之綱索 夏行時譯 203—208頁



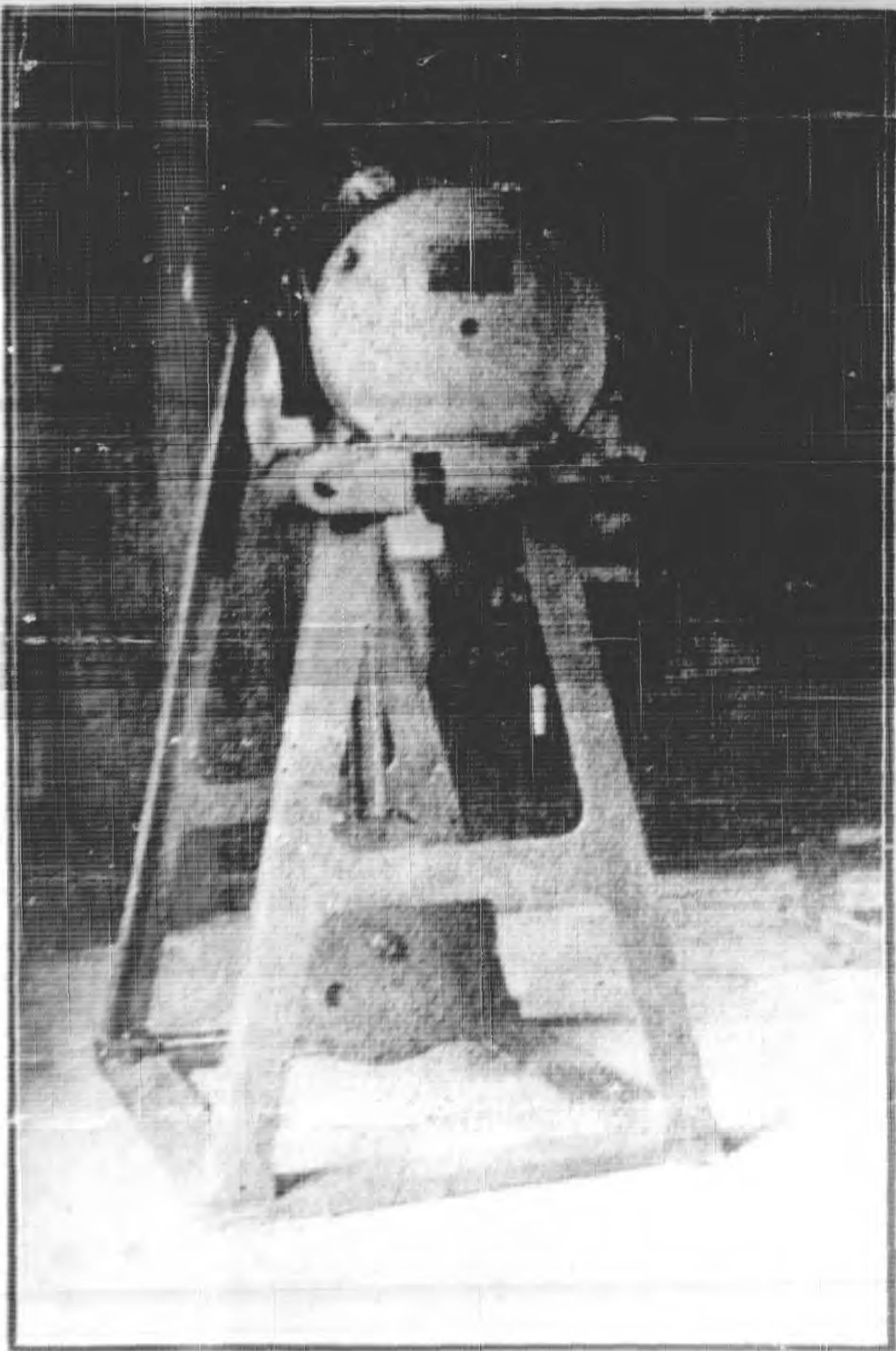
619362

	鉛蓄電池之放電·····萬 一譯	209—214頁
	國家水工研究所的需要·····沙玉清譯	215—222頁
新聞：	東京萬國工業會議及世界動力會議東京分會·····	223—231頁
	雜聞·····	232—236頁
校聞：	本校工學院概況及其將來之希望·····	237—238頁
	機械工程科實習工場設備概況·····	239—246頁
	工學院材料試驗室之設備·····	247—248頁
	工學院水力實驗室之設備·····	249—250頁
	電機實驗室設備概況·····	251頁
	工學院畢業同學狀況一覽·····	252—256頁
	編輯附言·····	257—258頁

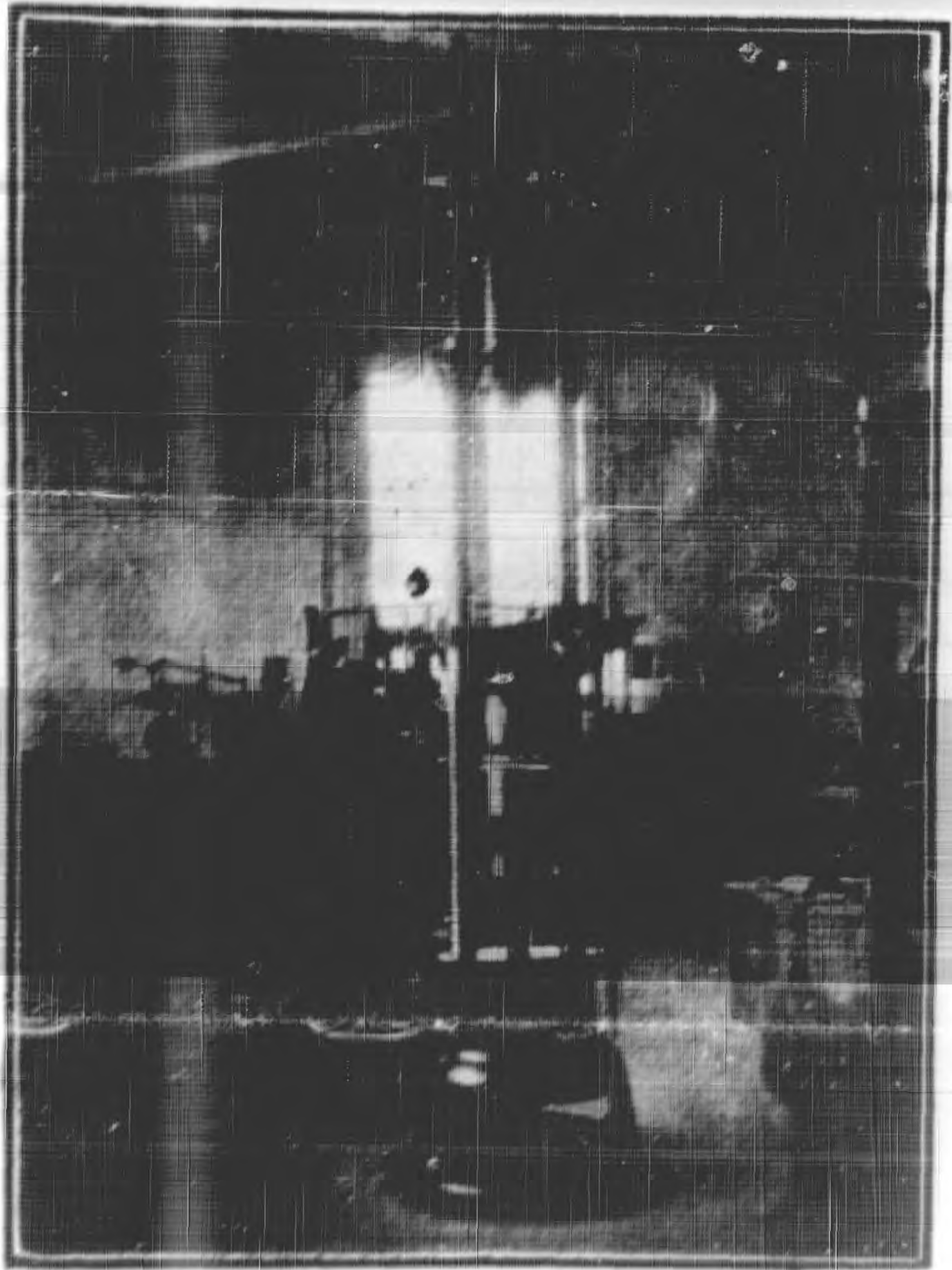
國 立 中 央 大 學 工 學 院 教 職 員 學 生 全 體 攝 影



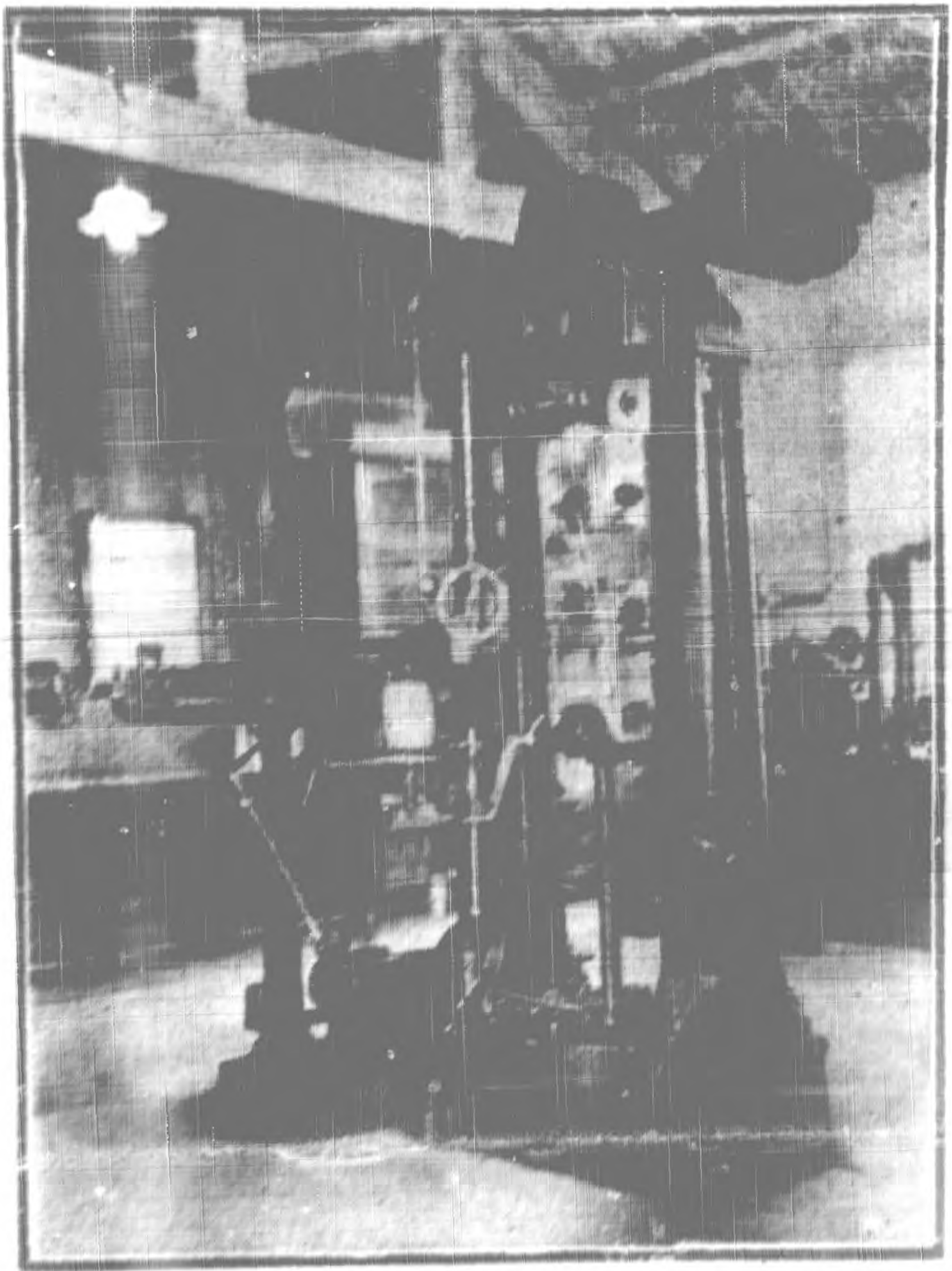
美 利 生 攝



本校材料試驗室之 10,000 in-lb's 扭力試驗機



本校材料試驗室之20-ton Ansler試驗機



本校材料試驗室之 15-ton Mohr and Federhafi 試驗機

工學發刊詞

陳懋解

夫欲挽回今日中國頹弱，必先促進物質建設，而欲成立建設之基礎，則必自研究工程學識始。此吾人今日研究「工學」，所以應時勢之需要也。夫以我國目前建設而論，正在初起時期，如鐵路國道，全國已成者，極爲有限，支幹未能聯絡，工程未臻完善，水利則連年災旱頻仍，運輸阻滯，灌溉未能徧施，港口未能開闢，機械電學未臻新巧便利，生產物不能盡量發達及銷行，市政建築，應須急起改革者，比比皆是，凡此皆關建設事業，深賴學識以指導之，本刊集師生研究所得，聊備貢獻今日坐而言者，冀異日起而行之，中國前途庶有豸乎，解當拭目待之。

建設事業之過去與其將來

陳 悟 皆

物質文明落後的中國。自亡清下詔。提倡洋務。民國成立。列發展實業爲刷新政綱之一。國民政府成立。以努力建設爲救國政策對內的主要設施。其各時期興革政策之決定。斤斤焉以物質文明的幼稚爲慮。而提倡工作之進行。亦日趨緊張。然而環顧現實的實業狀況。似有不能不慨然於茲六十年來提倡功績之微。而嘆吾民前進步武。抑何其微。因不辭鄙陋。一溯因果。以商之世之關心斯業者。竊謂實業政策之設施。要有(一)人才。(二)資本。人才分主持實業政策者。與舉辦實業者二種。資本則用以舉辦實業者言也。有了二種人才。相當資本。始可以去談實業。去談發展實業。否則徒有人才。而無資本。則實業無從辦起。有了資本。而無人才。則資本無法運用起。即有了人才。有了資本。運用不得其方。亦決非實業之福也。今據人才資本二者。分前清，民國元年至十五年，國民政府三時期之過去實業狀況而討論之。並及於將來建設事業之途徑也。

(一)前清時代 前清末葉，外人交往漸密。受外力之壓迫。亦隨時而增。其直接最顯著之威嚇工具。則爲兵艦鎗炮政策。故當時官方驚心之點。厥爲兵器。當時之所謂洋務者。類多側重於此。舉凡直接間接與兵器相關。如製造局鐵工廠造船廠等。均由政府指地設立。其資本或出自政府。或官商合辦。官督商辦之。其技術人才。則請自他邦。當時民營事業之關於物質製造者。除一二紗廠布廠絲織之外。竟至寥若晨星。無有可記者。

然以當日之人才資本。兩者缺乏之際。主持實業政策者。尙能擇一而營之。一視其事之經營也。似一己之產業，一己之責任者然。亦自有可厚恕者。

(二)民國成立到國民政府時代 辛亥革命告成。全民慶新興之邦。國內志士。大有摩拳擦掌。各顯神手。以效命於新興事業之勢。而政府亦深知振興實業。爲中國當前之要圖。除了幾經令文。昭示大衆之外。亦曾派過什麼實業調查專員。什麼實業攷察專使。講到人才。則以國家設立專科學校培植。與遣送學生出洋學習的效果。亦英才輩出。講到資本。則以國民富力之日形充裕。及人民企業思想之逐漸發達。亦較易集合。論其情勢。實爲吾國乘時崛起之絕好機會。不幸中受二三野心政治家的影響。各方形成割據局面。竟誘全民視綫於政治方面之上。雖其中仍不乏一二志士。潛心實業。然以交通之阻塞。市面之恐慌。亦艱難萬分。苦於支持矣。查民元至十五年間之可記者。則有民六以後棉紗廠之勃興。民十以還絲綢業之增進。然亦偏於東南一隅耳。查其時之最可嘆息者。竟至前清遺下的幾個祖產如官商合辦的漢陽鐵廠。於此期停辦。招商局亦奄奄一息。至論谷之誰屬。非特在政府之不提倡。轉在政府之摧殘矣。

(三)國民政府時代 國民政府成立。一本總理遺教。以實業建設。爲對內政策之主要關鍵。中央設工商，農礦，鐵道，交通，各部。省設農礦，工商，建設，各廳。縣設建設局。中央復特設建設委員會。各處復有什麼什麼委員會。巍然多貫的建設行政系統也。至攷其實。實有不能免於私議者。查各處建設事業之設施。不曰建築公路。即曰無線電台。不曰革新市政。即曰培植森林。不錯。公路，市政，無線電台，森林。均屬當今之要圖也。但公路之外。似尙有與之並行。可以載重行遠的鐵路。其重要奚

會幾倍。讀總理實業建設大綱之關於建設鐵路一論。已可概見。蓋以鐵路爲振興實業。開發富源之利器。便利交通。乃其作用。非其主要目的也。建設公路。以利交通。則可矣。以之振興實業。開發富源。其益蓋淺。吾聞有以電車代火車之計劃而實行之者矣。尙未曾聞有以公路代鐵路之議。且公路所到之地。卽汽車所達之處。亦卽火油消耗之所。故推廣公路。不啻推廣汽車公司之市場。亦卽推廣火油公司之市場。以仰給外洋汽車。尙無火油出產的可憐中國。而偏向需要多量汽車消耗浩大火油的公路。先各業之先而努力建設之。豈非大可驚心事也。吾不敢說無汽車出產者。禁用汽車。無火油出產者。禁用火油。(其實建築鐵道亦須仰材國外)但無汽車火油者。要想法去製汽車與開發火油。要想法節用汽車火油。當爲主持建設者。不可不通盤籌劃及之。講到公路。則雖建築遍全國。仍恐無法去開四川省之火油礦也。故當今風行一時之公路。實爲推廣洋貨。減損國富之利器。論其功效。除搬運鄉民於城市外。實無有多大足記者。無線電以敷設經費。比有線電經濟。與其運用的靈敏。有取有線電而代之之趨勢。則逐漸計劃。逐漸改建。逐漸增設。洵亦當務之急。然如某省以已有有線電之偏僻區域。必急急也特設無線電。而故爲二重之設備。其建設的程序。似不無緩急輕重不分之嫌矣。培植森林。亦要圖也。從今日中國大部境內調查起來。山光地白。木不成材。森則稀矣。民生日常建築需用木材。亦多取給國外。故從一旦斷絕木材進口一點言之。已足引起絕大之恐慌。但總理造林防災的遺言。高懸於皇皇首都台城要道之中。其宣傳効力。僅及於長袖大袍者。而不及於鄉氓。一視爲口號一貼。宣傳工作一做。就算責任已了。尚存了我來指揮你去做的心理。而不肯實地到鄉去實地指導。(主持縣建設局者。多不就地方之所宜。與農民接近。而實行其事之可能可行

。與事之應行者。偏要做折屋築路之市鎮建設)。財政部則偏於盛倡培植森林之際。特新倡煤類特稅。增加燃料之價格。其趨勢又不肯趨人民入於砍木伐林之一途。其政策之矛盾。類多若此。可笑孰甚。故從國民政府成立以來的一段建設情形。平心靜氣。批評起來。論人才則遠勝於前。論資本則轉遜於昔。即成了一個有才無財的局面。要想急急進行實業。即著成效。自屬難能之事。然徒爲門面的建設。奢侈的建設。消費的建設。不顧國富民力。逞一己之所欲而行之。行見愈建設而國愈窮。國窮而實業之舉辦更無資力。實業不振興。而國愈窮矣。當今新進賢明。多具世界眼光。而熟知本國的實際狀況者。吾之所慮者。容豈有未曾爲諸賢明之所慮者。然其設施若斯。何耶。

(四)將來之建設途徑 今日中國之擾擾不靖者。其最簡單之主因在窮。救窮之維一政策以實業。以窮的國家。去做需要鉅大資本的實業，已非易易。而一探窮的程度。則又有可驚的記錄。而使吾人寒心者。讀十六年上海法商商業年報中。述中國富力一節。謂全中國國民所擁有錢幣的總價值。僅當外國人在中國境內所有財產之十分之三。最近受金貴銀錢的影響。中國人之財產。與世界比衡。又不啻打了七折。經年已來。建設政策之進行。除基本實業。照總理建國大綱中幾個實業建設綱領。引中了幾篇實業文章外。僅就事業之易於舉行者行之。致窮或有之。致富未也。夫借外資以辦實業。借外國人才以主辦實業。購外國機器以辦實業。吾國人均可忍一時之痛。而徐圖恢復而自立。所賴主持建議者。持之有理。主之有方。實業之屬於基本者。不問事之難易。資本之大小。傾其全力而爲之。實業之次要者。不問其需資微也。竭力節省之。譬之鋼鐵。各種機械工業之主要材料也。捨之不可以立國。三酸化學工業之基本原料也。去之無以製

品。凡屬於此等基本工業。可無疑義的斷然的計劃起來。舉辦起來。示人民以建設的誠意與路徑。行見人民亦奮發其企業心理。以從事於實業。而各種製造工業。始能以相互需要的關係。可冀逐漸開辦。日臻於盛。斯時也。無業不需機械。無機械不可製自本國。實業發達之區。即機械工作之所。亦即機械工程學者。足跡所到之處也。故從真真救國的救窮的總理實業建設程序做起來。機械工程學者。實應負重要責任之一。吾願與機械工程學的同志共勉之。

機械工程之前途

錢 祥 標

現今我國學生習機械工程科者甚少。不獨國內諸大學如此。即留學歐美大學者亦然。考其原因。不外時局未定。國內對於機械人才需要尙少。學者鑒於該科卒業者一時不易覓得優美之職。遂多灰心變計。而視之爲畏途。此固自然之趨勢也。不知社會需要。隨時變更。最近數年。雖因戰事頻起。工商業衰頹。專門人才。益無效力之地。然數年之後。戰事收平。道路加多。交通便利。則國辦及私辦之工業。將如雨後春筍。怒發無遺。此可斷言也。吾人苟不事前預備。至將來而應用無方。自嗟落伍。悔已晚矣。例如土木工程人才。今日需要日繁。而五六年前。則國內外之土木科卒業者甚多。其有相當工作者蓋寥寥無幾。今之視昔。亦猶後之視今。將來工業之振興。與機械人才需要之增加。無可疑也。且求學之始當各就其性之所近而選定學科。必視出路之難易以定求學之方針亦非善計也。

惟何等工作。需要機械人才。初學者恐不易明瞭。試略舉數例。以說明之。如機器廠，機車廠，汽車廠，造船廠，電汽廠，兵工廠，鋼鐵廠，麵粉廠，絲廠，紗廠以及自來水廠，無論矣。即如化工之肥皂廠，造紙廠，洋灰廠，碱廠等等。雖有其他專家主其事。然有待于機械工程人材之合作者。亦正不少也。若個人有創造能力。則可徑自集資。開辦各種工業。如鐘表，門鎖，農具，洋釘，鋼針，電線，鋼索等等。不勝枚舉。苟能專精一二。何患無發展之地哉。

願學校所學者爲原理。而實習或有未足。故學生卒業後不可自滿。須有謙虛研究及耐苦之精神。初離校就職時。尤不當計工資之多寡。總宜目光放遠。日後始可獲佳果焉。



化學工程之意義及其應用

丁 嗣 賢

化學工程本為新興之科，因時代之需求，社會之利賴，三十年來，突飛猛進，在應用科學中，大有一日千里，後來居上之勢，其重要可知。然國內大學之設置化學工程科者，共僅兩校，而本校之有化學工程科者，亦不過二年。近而本校師生，遠而邦人君子，對於化學工程之意義，容未盡知。爰著斯篇，聊供芻蕘。倘因是而能引起識者之注意，對此新興之科，提倡而培植之，則百年樹人，他日才俊輩出從事於新中國化學工業之建設，溥利民生，遠揚國光，一變今日水深火熱之慘象，而為物阜民富之繁榮，則黃帝子孫，將受惠無窮，而斯文之作，為不虛矣！

化學工程者，乃以化學及工程學之原理，應用於工業之學也。故為一種應用科學，與純粹科學之性質不同。純粹科學，以發現宇宙間之真理，及研究自然界一切現象為宗旨。應用科學以利用純粹科學研究所得之定理及原則，從事於實際上之設施，以求富國利民，而增進全人類之幸福為目的。化學工程為應用科學之一，但其範圍甚廣與人生之關係亦最密切。即以衣食住行四大端為例，則布帛之染色漂白，衣服之除垢去污，農產物之加肥殺蟲食物之製備防腐，鋼鐵水泥石灰磚瓦等之製造，道路之建築，莫不與化學工程有關。至於日用品之供給，醫學衛生上藥物，傳播文化之紙墨，維持人類和平之軍火炸藥毒氣等等，無一非化學工程中事。環顧吾人

四週，牆壁之粉飾，石灰粉質，化學工程之製造品也。桌椅之刷髹，油漆顏料，化學工程之製造品也。案頭之陳設，杯碟瓶壺，化學工程之製造品也。門窗之裝璜透明玻璃化學工程之製造品也。凡此種種，觸目皆是，難以枚舉。誠以化學之範圍，本甚遼闊，而建築於各種化學現象上之工業，更難屈指計矣！

化學工程之門類雖繁多，但其所應用之方法與原理，則有定數。如英文字數無慮數萬，而拚成數萬字之字母，則僅二十有六也。綜雜湊合，而變化出矣。如關於方法者，有燃燒、灼熱、蒸發、蒸溜、過濾、壓碎、磨細、混和、烘乾、搬運等。關於原理者，有化合作用、分解作用、接觸作用、氧化作用、還原作用、平衡狀態、分子濃度定律 Law of Mass Action、相態定律 Phase Rule、溶度變化、汽化作用等等。請以鉛室硫酸工業為例，以硫磺或硫化鐵燃燒而成氧化硫，此氧化作用也；加入氮氧化物使成含氮硫酸 Nitrosyl Sulphuric Acid，此接觸作用也；後加水霧，使其釋出氧化氮而成硫酸，此分解作用也。言其原理，則此數端備矣。至於葛氏塔 Glover Tower 蓋氏塔 Gay-lussac Tower 之設施，燃硫爐之構造運用，溫度壓力氣體濃淡等之控制，無非使此數種化學作用，在適宜環境中，有最善良之結果及得最經濟之產品而已。他如液體之搬運，氣體之推進，稀酸之變濃，則又聯絡各種基本方法，使成一有系統之工業，以求達吾人製造之目的也。

化學工程之性質，既為各種基本方法之組合，而各種基本方法，又根據化學及工程學之原理。故研究化學工程者，對於所應用之基本原理，須澈底明瞭。如有一化學作用，應知其在哪種狀態，何種溫度，何種壓力，何種濃度，何種分配之下，最為適宜。同時並須注意出品之美惡，作用之

快慢，副產之有無，設備之繁簡，控制之難易，求得一最完善而經濟之方法，以合於工業上之需要。

至於機器設計亦根據各種條件而起。請以磨碎機為例，須先知原料之大小，硬度，及性質，所需出品之之粗細分量，然後計劃其形式，希在最短時期，用最小原動力，而得最多之出品。

各種基本方法，皆有基本原理為其根據，連合各種基本方法，便成一具體工業，其間亦不過應用數種原理而已。吾人初入工廠，但見輪軸雜沓，東掣西動，五光十色，頭緒紛繁；但分析觀之，或為蒸溜，或為濾過，或為烘乾，或為磨細，或為結晶，或為燃燒，或為灼熱，均係數種方法綜合而成。換言之，即無論何種偉大浩繁之化學工廠，均建築於化學及工程學原理之上也。

故化學工程科之學程中，有物理，無機化學，有機化學，分析化學焉，所以使學者格物致知，明物質之性，及其互相之關係，以為將來利用之資也；有理論化學焉，所以使學者就已有之觀察，據已知之化學上物理上之原理，以預測或推算未來之結果，而免暗中摸索，耗時傷財也；有微積分焉，所以為計算化學上工程上一切數量所必需之工具也；有機械畫，機動學投影幾何焉，所以使學者明瞭各種工業機器構造之原理，詳細之內容，而便於他日機器之管理與運用也；有工程力學·材料力學焉，所以就物理之一部，張大而擴充之，使學者於工程建築上有深切之領會，而便從事於工廠或機器之設計建築也；有熱工學焉，所以就任何工業（尤以化學工業為最）所必需最普通之原動力——熱力——加以縝密之研究，舉凡物理上之根據，機器上之應用，工程上之困難，關於熱力而為普通化學工程師所必須知者，應有盡有包羅無遺焉；有電工學焉，所以授電學之原理，電

機之構造，電力之應用，使學者匪特知其當然，而且知其所以然，庶設廠用電，條理井然，效率高而經濟省，錯誤祛而危險無也；有化學工程原理焉，所以就化學工業上所習用之基本方法——如燃燒，蒸發，蒸溜，烘乾，過濾，結晶，壓碎，磨細，搬運等——及完成此等基本方法之機械與手續，藉學者對於物理上，化學上，工程上已有之智識，作一精密的，定量的，理解的分析與研究，以求實用於化學工業也；有工業化學計算焉，所以授學者以化學工業上之特殊計算方法，以便設計也；有工業化學焉，所以集以上各學程之大成，示學者以應用之門徑，舉凡化學工業大自酸鹼紙革，小至皂粉漿膠，靡不列舉示例，考其製法，究其學理，計其效率，鑑其優劣，擇其尤者，講授於課堂之中，而實施於試驗室之內，務使習者窮其知，神其用，闡明其原理，變化其方法，登峯造極，左右逢源，合爐共冶，蔚成巨觀，學者至此，於化學工程，理宜思過半矣！

是故攻化學工程學者，當以明瞭其所用之基本原理為第一要務。然每種化學工業，各有其特殊性，原理雖無二致，應用儘可不同。如同一窯座，搪瓷之窯，與陶器之窯不同，水泥窯與石灰窯不同，視其所應用於何種工業而異其性質。若僅知原理而不注意其實用，則猶食而不化，知其法而不知其用也。且一種化學工業之創立，必有其特別之組織，此中有整個計劃，及一貫精神，不可以局部的研究，及片斷的觀察，即謂明瞭此工業之全體的性質也。故洞悉原理，固屬重要；知其應用，亦不可忽。

今每有人不知化學工程之性質，以為一切化學工業均建築於數個基本原理及基本方法之上，若能明瞭其基本原理及基本方法，則一切化學工業，均可迎刃而解矣，此種見解，不免過於蔑視化學工業有全體性之特質，其流弊為空泛不切實用，言之則覺成理，行之不見實效，乃失化學工程為

實用科學之價值。反之乃有人主張化學工程學者，當分別研究各種化學工業之特殊方法，如煉糖則授人以煉糖技術，造紙則授人以造紙方法，且謂空泛之原理不切實用，大可置之不問。此種見解，其流弊曰墨守陳法，僅能拾人糟粕，而造就藝徒式之人才。大匠造器，不示人以規矩準繩，日令其執斤持斧，此惡足以言育才之道！故治化學工程學者，對於原理及應用，宜同時並重；無原理，不可以言應用；無應用，不足以明原理；二者相互而行，初不容有偏倚存乎其中也！

嘗考化學工程，本為新科。即在歐美各國，其成立之歷史，尚不過三十年，然此三十年中，急起直追，大有駕他科而上之之勢，其發展之成績，足有令人驚服者！誠以是科之應用既廣，社會之需求又殷，而對於製造工業上之貢獻，亦以此科為獨多，當今工業競爭劇烈時代，則化學工程學為世人所重視之程度，更可不言而喻矣。

回顧國內情形，邦基初奠，各種建設事業，均在發軔，以化學工業素不發達之中國，對於化學工程專門人才，需要何等迫切，而國內各大學設有化學工程科者，僅有一二處，且均屬初辦，規模狹少。本校併合前江蘇省立各工業專門學校而成化工科，兩年以來，儀器設備，屢經增置，故比他校為完備，然亦僅具雛形，與歐美學校之化工科相較，不覺瞠乎其後。即以目前應用而論，猶難免時呈捉襟見肘之態，此雖為國內各大學之普遍現象，固非僅一校一科如是，然方今提倡國貨之呼聲，甚囂塵上，而製造國貨之各種化學工業，又甚幼雅。故化學工廠之不完善者，亟宜研究改良之；其不發達者，急宜提倡啓發之；更有未成立者，尤應計劃創設之；此皆化學工程科應負之責任，然則學校當局，對於此科之設備，應如何籌措擴充，方能使之有培植化學工程人才之機會，以供時代之需求，而予黨國以建樹，此當加以深切之研究者也！

本院宜添設鑛冶工程科之理由

陸 志 鴻

中國之弱，要之因於國民之不愛國，吾人追隨先總理及先烈士之遺志，從事革命，自當以愛國為前提，即事事當為國而行吾人從事教育，固以養成將來能實在為國謀利益之人材為宗旨，竊提議本校工學院添設鑛冶工程科，亦痛感將來吾國不強則已，如欲短期間內，富強非即速振興鑛冶工程不可，欲振興鑛冶工程，尤先須造就多數人材以分派全國，當建設事業之先鋒，爰先就鑛冶工程對於國家之關係說明之。

鑛冶業實為二十世紀物質文明國家立國之根本。試思美國之富冠全球何故歟，蓋鐵，煤，石油，銅，鋁等物質文明之原料年產量均占全球第一故也。非鐵不能造機械築鐵路，非煤不能運轉機械發達工廠通運舟車非石油不能駛汽車駕飛機點洋燈以及供給農業上抽水碾米等油機燃料，非銅不能製電機設電線，非鋁則將來航空汽車電氣等新進步更無望，試思日常生活之要素及凡百工業之原料，材料，與燃料，除一小部份由農業供給外（如食料木材蠶絲綿紗糖之原料紙之原料皮革原料等），其他何一不恃乎鑛冶業乎，有美國諸油礦日夜產油輸入我國，而我國到處民家得點燈火，各都市之官吏與富豪得坐汽車，各省公路得見長途汽車之行駛，軍政與交通得有飛機之利用，不知此等幸福莫不賴美國油礦之維持。苟一旦中美絕交。試問吾國目下狀況將何似乎。恐立刻恢復十八九世紀之生活矣，有英美之鍊鋼鐵廠將製品運銷我國，而我國得敷設鐵路，製造鎔礱，建築橋樑與

一切鐵筋混凝土工程。苟一旦外國鋼鐵及其製品不能輸入，則軍器無出，尚屬小事（但對於目下狀況或并可銷除內戰），各地工廠鐵路及一切土木建築將莫不感受恐慌，有日本之煤與國內外人經營之煤礦，常能供給工業都市，而我國諸鐵路工廠航運等業雖在屢次內戰之時仍得無礙進行，苟無煤之可恃來源，則立現煤荒現像；工廠停閉，工人失業，鐵路不通，舟輪停運。吾國社會之騷動將不堪設想矣，無礦冶業則十八九世紀之生活尚可無慮，而二十世紀之物質文明環境中，恐吾人一日不能維持社會之安寧也。

迫憶歐洲大戰，德法交界之煤鐵鑛區，兩國莫不視為戰爭之目標。日本竭力經營吾滿州，蓋以煤鐵石油，有無盡藏之富源，足使日本將來賴以發達，而可得工業及戰爭上原料之充裕，以為日後與他國開戰時之準備也，故各列強咸視鑛業地為命脈。實有得之則存失之則亡之理也。

鑛冶業對於國家富強與國民生活既若是重要，而吾國鑛冶業迄今不振之因主有二端，第一在乎國民未徹底了解鑛業之性質。前清張之洞具有卓識，開發大冶之鐵，萍鄉之煤，不幸盛宣懷承辦之後，承頑固智識之因襲，視鑛業為金窖，可不勞而享大利（此思想目下鑛業資本家或政治家莫不有之），不知鑛業當成功後利固豐厚，但非苦心經營易招大失敗。鑛業失敗，冶業自不興。卒使漢冶萍成中國今日盲目之重症，吾國自來經營鑛業者多對於鑛業性質全屬隔膜，經營腐敗，致使全國各鑛鮮有成功。鑛冶業不振之第二原因在乎政治家之毫無智識，昔德法兩國界線劃分之時，皮斯麥克宰相以日後德國富強端賴鋼鐵，力爭 Alsace Lorraine 諸州歸入德境，故為領導國之政治家當具遠大眼光，方可樹國家永久之政策。返顧吾國政治家競以飽私囊用私人固地盤為天職，因循坐誤，遂使立國之最重要事

業無人顧問，即當今革命統一，政治家終日宣傳建設，但仍不脫舊觀念。僅事敷衍，塞人口舌爲主旨，其號稱成績者不過市政。道路，植林等，易著人目，易事宣傳其功耳，試思市政發達，道路完成後，若一方面不講國民之生產，不開發工業之基礎，則徒益增小民負擔。民窮則市政何所益，道路何所用耶，至於植林則尤屬數十年數百年後或可得森林之增加，目前果何所效乎，凡此市政道路植林等事固所要務，但一方面若不倡創生產，開發富源(主爲鑛產)則此等事業皆屬無意義。至於僅事強奪民間已成事業而整理之舉，尤屬建設家之末策。蓋摧殘實業，使民畏於投資豈使國家富強之策哉。

吾人從事工業教育，自當以建設爲己任。鑛冶業對於國家建設實爲根本之務。其理至爲明顯，若非具偏見者自當一致承認，對於使鑛冶業不振之大原因，自當從事消除，以樹建設之基礎及工業之基本。但一方面鑛冶業之障害既消除後，則人材問題卽爲重要，全國疆域之大，西北東北西南諸邊境尤恃開發，調查事業卽須進行，則方今訓政始期當然對於人材之養成實爲急務。本校地處首都爲全國模範，而工學院負指導全國工業，促進工業基礎之責，故鑛冶工程科之設立，所以促醒吾國知鑛冶業之重要，養成實地人材，使消除舊障害，從事新開發，以當真正建設之先鋒。若謂目下中國鑛業不振，人材無所用，本校鑛冶科宜緩設者，則試問吾校已有各科系之所造就人材，豈盡得其所用哉。竊逆料吾國若數年內內戰平息國基穩固之時，鑛冶業勢必爲急先之事。屆時必感人材缺乏不敷分配。爰及今提議，幸祈識者諒察之。

工程學生與新中國

李儀祉講
沙玉清記

——十月三十日下午七時在河海同學會講——

諸君，這是一個真實改革的時期這是國家新生命的創造，工程家獻身社會的時期；我們的談話，亦和以前不同了！以前的談話討論的：不外是關於學術上的研究，人格上的修養，以及笑話稽談。對於政治方面，往往不喜就談；因為見解的不同，易受政潮的影響；並且對此腐敗的政治，徒口空談，實無裨益，到不如實事求是，反能做些實際的工作！

現在的同胞，都充滿着發揚光大的氣象！回想過去的社會情形：軍閥的跋扈，政客的貪污，使人民擾擾終日，不得安其所業，工程家不願將他一生的名譽事業，隨同彼等犧牲，所以很少涉足社會事業。現在軍閥的末日已至，國人經多年的鉅痛重創，也漸有覺悟了。經過這次轟烈的改革，將一切阻止社會事業的惡勢力，根本剷除；新中國前途是無限量！要在國人之能否奮勇向前，努力建設為斷！

現在是一個新國家，各方面都呈着新氣象，新國家的建設，雖不易談，然亦希望很大！諸君是將來的工程家，應當格外向前努力！要把自己的知識範圍擴大，對於工程以外的學問，都要隨時留意！因為要擔負較大的責任，須有較廣的知識，是無疑的！

歷史上的事實告訴我們說：古代為國主政的，有很多是工程家，不講旁的，大禹王就是個水利工程大家他把我們一個整個的中華，從水裏援救出來；舜就讓他做帝。周公也是個大工程家，最有名的指南車，就是他發明的，他並著有考工記一書，開我國工學的真祖；同時他亦是個政治大家

，墨子和公輸子，也是兩工程家；他們彼此發明了許多戰器，互相對壘，墨子並是個大哲學家。諸葛亮也是個大工程家；發明了木牛流馬，和許多機械，保衛國家，從此看來；古代許多政治家，是工程家做的，工程家可以治國的明證，是無疑的了！我可以說：工程家治國，雖不能個個都成良相，畢竟還是個良工，（記者按：最近美國轟動一時的胡佛總統，也是個礦工大家，並曾在我國做過工的）

在我國中古時代，政府對於人民非常接近，社會上的一切建設事宜，甚至百姓的居家房屋，都由國家來代為計劃的，但是到了漢代以後，政府對於人民的事業，都抱着一種放任主義，除了賦稅納糧之外，一切人民的疾苦，社會的建設，均置之不問，千百年來，直至今日，社會公共事業，一無進步！

現在的社會，與以前大不同了！許多大規模的企業，決不是人民有限的經濟力量所能辦的，鐵道，馬路，濬河，灌溉以至大工廠，均須國家的力量、來把牠興舉。將來『三民主義』的實現。『民生問題』的解決，全憑建設事業之完成，工程家的心靈熱血，對於新國家前途的責任，非常重大！

『工程學』是應用各種科學的科學，牠的範圍很大。工程家不僅對於他的基本科學——自然科學——要有精確的研究，就是對於其他科學——社會科學——亦須有相當的訓練！這一點，在前此的工程家，往往不加注意，因為以前的工程家，所做的：是為着幾個軍閥，或資本家，伸張利益。社會的情形，與他不關痛癢的，現在的工程家，要為國家幹事！為全民族謀利益！工程家不特要能運用工程學理，並且同時要能領導社會；開拓利源，企圖實業，譬如創辦一所水力工廠，同時就發生三個問題，就要定三

個計劃：——一．工務方面的計劃，二．資本來源的計劃，三．全廠消費及管理的計劃，解決第一個問題，當然依據工程學理，至於第二第三兩個問題；那就非得有充分豐富的經濟知識，不能把牠圓滿的決定了！

一個大工廠，往往僱有千百工人，工人將他全部的生活交給工廠；工廠對於工人的居住、娛樂，衛生等問題，應當加以十分注意！使工友們都能安心工作，我國的社會情形，如此之複雜！工程家更當格外努力，勇於研究，考察各方的情形，把牠安然的解決！

工程已經建設完成，工程家決不可隨意丟手，聽其自然；因年復一年，不久今日所有費盡心血財力的結晶，就將完全化爲烏有了！所以工程家在工程告竣之後，即當負責研究保管之法：嚴訂條規，俾得就範處理。工程的壽命，方得盡其天年，不至受意外的摧殘了！譬如濟河已畢，即當定有水運的條規，方不致復淤。他如較大的灌溉工程，更當嚴爲組織；使處理有方，運用得體。纔能夠享受到工程的實惠，所以關於工程的保護和處理方法的研究，也是工程家分內應盡之責。

輓近工程事業很多：較大的像鐵道，馬路，市政等。每行都有一定的法律；這種法律，和他種不同，決不是無工程知識的法律家，所能隨意擬定，工程家應當自己起來，研究，考慮，把牠依法的決定！

從此看來，做一個工程家——爲民衆謀幸福的工程家——對於經濟學，法律社會等科學，均應當加以注意雖不必要有精專的研究，至少對於各科的原則，當有充分的理解？過去的工程家，都缺乏這類知識他雖充滿了血誠，想爲國家效力，結果因能力太小，不幸的失敗了？

諸君，要自己知道自己責任的重大！工程家是建設新中國的靈魂！是建設新中國的導師！苟能奮勇盡智，爲社會做一番事業，前途是多麼光明！多麼偉大！敬祝諸君，努力向前！

甘蔗糖蜜製造酒精法之實地經驗

陳 駒 聲

(一)製造原料 製造酒精之原料，最重要者，大別爲二：一、澱粉質原料；一，糖質原料。前者以馬鈴薯，高粱，玉蜀黍爲主要；後者以糖蜜(M-lasses)爲主要。糖蜜係製糖工廠之副產品，故其製造酒精之成本，較用澱粉質原料者爲廉。古巴爪哇臺灣等著名產糖地，均利用糖蜜，製造酒精，產量甚巨。而以澱粉質原料從事製造者，遂日減矣。吾國酒精工廠，用乾薯爲原料者，有福建實業公司福州酒精工廠。用糖蜜爲原料者，有北京溥益實業公司山東釀造工廠。著者在該兩工廠充技術之職；先後達六年之久。

(二)酒精之用途 酒精爲有機化學品之最重要原料。透明肥皂，化妝品，醫藥品，假漆，染料，醋酸，以脫(Ether)照像材料，配合飲食等之製造，莫不需多量之酒精。他如用以貯存動植物標本者；或用以烹飪者，爲量亦多。近世各國因石油缺乏，有擬使用酒精以代汽油者。酒精之重要於此可見一斑，吾國工業幼稚，舶來酒精多用以配合飲料，本國酒精工廠亦復寥寥，吁可慨已！

(三)糖蜜成分 糖蜜有甜菜及甘蔗糖蜜兩種。同屬一種之糖蜜：又分爲耕地白糖工廠(Plantation white sugar factory)之糖蜜，及精製糖工廠(Sugar Refinery)之糖蜜。種類既異，成分亦不同。茲將著者製造酒精時，所用糖蜜之普通分析成績列下：

(a)甜菜糖蜜 (溥益製糖廠用甜菜製白糖時所出之廢糖蜜)。

勃立克司(Baix)比重69.20 旋光度(Polar Zation)41.80

純率(Purity). 60.40 反應(Reaction) 微鹼性

(b)甘蔗糖蜜 (溥益製糖廠用爪哇粗糖精製為白糖時，所出之廢糖蜜

。)

勃立克司比重 69.60 旋光度 33.60

純率 48.28 轉化糖(Invert Sugar)11.579

反應 微酸性

上述二種糖蜜，每百斤之酒精產量，以甘蔗糖蜜較高於甜菜糖蜜，因其含糖較多也。

(四)工廠設備 山東溥益釀造工廠，使用糖蜜，製造酒精。每日蒸溜能力300石(每石182Litres.)可出96%酒精25石，合250罐(每罐30磅酒精。)茲述該廠之設備要點如下：

(a)濃糖蜜貯存槽(Molasses storage tank) 該廠糖蜜槽係用洋灰製成，容量十三萬 Litres。使用日久，易生隙縫。故尚以鐵製圓筒形大櫃，較為耐用。

(b)濃糖蜜計量槽(Molasses Measuring tank) 一個，容量50石，外部置一計量板，記載糖蜜使用量。

(c)殺菌機(Steriliser) 二個，容量各50石，機內設攪拌器，冷却管及蒸汽管等，供糖蜜沖淡，殺菌及冷却用。

(d)殺菌稀濃蜜貯存槽 (Sterilised and Diluted Molasses Storage tank)一個，容量50石，供貯存由殺菌機通來之殺菌稀糖蜜。

(e)坂田式特別冷却器(Sakata's special condenser) 一台，利用空

氣及冷水，使殺菌後之糖蜜，冷至適當溫度，以備釀酵。此器對於糖蜜溫度之高低，可以隨意管理，為用至便。

(f) 酒母槽 (Mother yeast tank) 兩個，容量各十石，供酒母釀酵用。

(g) 釀酵槽 (Fermentation tank) 該廠釀酵槽三十個，地下槽一個 (盛蒸溜醱用，) 容量各50石，先用磚築成池形，內部塗以洋灰防水粉及地瀝青三層。地瀝青具防酸作用，但極易破裂。不如用鐵製槽 (內部鋪一層亞鉛皮，) 較為耐用，且外部可以冷水沿鐵板四周流下，使醱液冷卻，豈是無另設冷卻裝置之必要。

(h) 蒸溜機 (Distilling apparatus) 該廠蒸溜機係法國喬姆 (Guillaume) 式雙斜塔連續蒸溜機，蒸出之酒精，成分96%，富塞爾油 (Fusel oils) 及間質 (Aldehydes) 等有害成分，完全分離。但數次使用之後，如隔久再蒸，則酒精呈綠色，3-4日後，綠色漸消，約一星期後，方能蒸出無色透明之酒精，著者蒸溜酒精時，曾發見綠色酒精兩次，經研究之結果，方知酒精所以呈綠色者，實因蒸溜機隔久未用，內部生銅銹，當酒醱蒸溜時，揮發之酸質，與銅銹作用所生之化合物，溶于酒精之故也。按依氏 (Ilges) 蒸溜機之蒸溜塔，內置浮海石，便於洗滌，可免此弊。

(i) 酒精受器 (Alcohol Receiver) 三個，均為鐵製圓筒形櫃，容量各20石。

(j) 鍋爐 (Beiler) 郎卡色式鍋爐 (Lancashire Boiler) 一座，6'×29'，每日用煤約6噸。

(k) 蒸汽機關 (Steam Engine) 直立式蒸汽機關 (Vertical steam Engine) 一座，備帶動殺菌機之攪拌具及其他之用。

(l)洋鐵罐(Can) 該廠自備製罐室，製造洋鐵罐，以裝酒精。

(m)純粹培養器(Pure culture Apparatus)全套供培養純粹酵母。

此外如水櫃(Water tank)及唧筒(Pump)等，不備述。

茲述機械排列順序如下：

糖廠分蜜室(糖蜜) 濃蜜貯存槽 濃蜜計量槽 殺菌機 殺菌稀糖蜜貯存槽 坂田式冷却器 酒母槽 醱酵槽 地下槽 蒸溜醪貯存槽 蒸溜機 酒精受器 洋鐵罐。

(附記) 以上設備，係述糖蜜製造酒精所用者。該廠尚備蒸煮機(Heatz Steamer)一個，容量30石，供高粱乾薯等之蒸煮。糖化機(Mashing Machine)一個，供蒸煮液之糖化(即加麥芽或麴于蒸煮液，使蒸煮液所含澱粉，悉被麥芽或麴中之糖化酵素Diastase分解成糖，故名糖化)又製麴室一所，內設麴床麴盤等物，採用日本製麴法(清酒用麴)，製造米麴或麩麴，一切手續，均照成法，無特殊成績可言。

(五)製造手續

(a)甘蔗糖蜜之處理 甜菜糖蜜，含有妨礙醱酵之物質，故非特別處理不為功，甘蔗糖蜜多含轉化糖(Invert sugar)且妨礙醱酵之物質亦少，故無特別處理之必要。普通製法，只將甘蔗糖蜜殺菌及沖淡(有時加酸)即可供醱酵之用矣。

殺菌 糖蜜含有微生物，須經殺菌手續，方適醱酵之用，著者係將濃糖蜜在殺菌機，加水沖成醱酵應用之濃度，然後加溫至95°C，歷30分鐘，再用坂田式特別冷却器，冷却至適當溫度，以備醱酵，查台灣酒精廠多用濃糖蜜，加水沖成60°Brix之比重，通蒸汽至100°C，約一小時之久，然後加水殺菌之水，至醱酵應用之濃度。此法手續既簡，蒸汽又省，但水

中含有微生物，妨礙醱酵，酒精產額必減少矣。

加酸 甘蔗糖蜜具微酸性，原無加酸之必要，但硫酸有防止微生物繁殖之能力。著者歷屆製造，均將稀糖蜜，先加萬分之三濃硫酸（對稀糖蜜之重量言）再行殺菌，頗著成效。

(d) **甘蔗糖蜜之醱酵** 甘蔗糖蜜沖淡殺菌之後，即可用以醱酵。著者採用連續醱酵法(Continuous fermentation)，工作至便。此法即將醱酵糖蜜數槽為酒母，每日通出一小部分，使其完全醱酵，以供蒸溜；而原酒母則仍加滿新糖蜜，使營旺盛之醱酵。此種酒母之製造，係用純粹培養法，茲將醱酵記錄列下（醱液加至50石後，濃度每小時檢查一次，而酸度則隔三小時，檢查一次）：

五月二十五日

時間	濃度	溫度	酸度
19	8.1°Brix	30.5°c	1.35
20	8.0°Brix	30.8°c	—
21	7.95°Brix	30.8°c	—
22	7.90°Brix	30.9°c	1.4
23	7.75°Brix	31.0°c	—
24	7.50°Brix	31.0°c	—

五月二十六日

時間	濃度	溫度	酸度
1	7.20°Brix	31.2°c	—
2	7.10°Brix	31.8°c	1.4
3	6.90°Brix	32.0°c	—

著		述		25
4	6.8°Brix	32.0°c	---	
5	6.65°Brix	32.0°c	---	
6	6.5°Brix	32.0°c	1.4	
7	6.35°Brix	32.0°c	---	
8	6.25°Brix	32.0°c	---	
9	6.20°Brix	32.1°c	1.45	
10	6.10°Brix	32.2°c	---	
11	6.10°Brix	32.3°c	---	
12	6.00°Brix	32.4°c	1.45	
13	5.80°Brix	32.6°c	---	
14	5.70°Brix	32.7°c	---	
15	5.50°Brix	32.9°c	---	
16	5.30°Brix	32.9°c	1.45	
17	5.00°Brix	32.9°c	---	
18	4.75°Brix	32.9°c	---	
19	4.45°Brix	33.2°c	---	
				酒精含量6.2%
20	4.10°Brix	33.2°c	1.50	
21	4.00°Brix	33.3°c	---	
22	3.90°Brix	33.4°c	---	
23	3.70°Brix	33.5°c	温度最高	---
24	3.55°Brix	33.5°c	1.60	

五月二十七日

時間	濃度	溫度	酸度
1	3.35°Brix	33.5°C	—
2	3.25°Brix	33.5°C	—
3	3.15°Brix	33.5°C	—
4	3.10°Brix	33.5°C	1.60
5	3.00°Brix	33.5°C	—
6	2.80°Brix	33.5°C	—
7	2.75°Brix	33.5°C	—
8	2.70°Brix	33.5°C	1.60
9	2.60°Brix	33.5°C	—
10	2.50°Brix	33.5°C	—
11	2.45°Brix	33.5°C	—
12	2.40°Brix	33.5°C	—
13	2.30°Brix	33.5°C	1.60
14	2.30°Brix	33.5°C	—
15	2.25°Brix	33.5°C	—
16	2.25°Brix	33.4°C	—(溫度開始下降)
17	2.20°Brix	33.2°C	—濃度不再下降
18	2.20°Brix	33.2°C	—
19	2.20°Brix	33.0°C	1.60
20	2.20°Brix	32.9°C	—
21	2.20°Brix	32.9°C	—

		著	述	27
--	--	---	---	----

22	2, 20°Brix	32.7°c	1.60
----	------------	--------	------

最後酒精含量=7.45%

細觀上表，至饒興趣。五月二十五日十九時起溫度漸高，濃度亦漸低。至五月二十六日二十三時(其間隔二十八小時)溫度達最高之點(即33.5°c)。五月二十六日二十三時起。至五月二十七日十五時止(其間隔十六小時)維持同一之溫度。五月二十七日十六時起。溫度開始下降，濃度亦不再低減矣。

(c) 糖蜜製造酒精之要點 甘蔗糖蜜之醱酵手續，既如上述。茲再舉其要點，則實際操作之情形，可瞭然矣。

1. 醱酵前濃度 酒母醱酵前之濃度，以高為妙。濃度高，則酒精含量多；酒精本為菌劑，足以製止細菌之繁殖，據歷年之經驗，酒母醱所用糖蜜之純糖含量，自百分十二至百分十四，醱酵醱所用糖蜜之純糖含量自百分十至百分十二。

2. 醱酵後之濃度 醱酵醱醱完全時之濃度，依糖蜜之非糖分 (Non-Sugar) 含量而定。大約甘蔗糖蜜醱酵完全時之濃度為2-5°Brix。

3. 酸度 醱酵醱醱前之酸度，大約為 1.0(即20c.c醱酵醱，所含之酸，需用1c.cN/1NaOH溶液，以中和之。)；醱酵完全時，酸度之增高，理論上不得超過 0.3，實際上有時難得此結果。

4. 溫度 酒母醱之溫度，以低為妙，普通為25°—28°c。醱酵醱之醱酵適當溫度，為30°c，醱酵時溫度上昇甚速，須有冷卻裝置，使醱酵醱之溫度，不至超過35°c，以免醋酸菌之繁殖。倘無此裝置者，夏季醱之溫度常昇至43°c，冬季常達38°c，酒精產量必因而減少矣。

5. 醱酵時間 醱酵醱達一定之容量時，如不再添加新糖蜜，則經過

二日至三日，醱酵即可完全。此時表面泡沫全消，溫度逐漸下降，濃度亦不再低減矣。

6. 酒精含量 醱酵膠之酒精容量，依糖蜜之含糖量而定。最高者10%，最低者6%（均以容量計）

(d) 蒸溜及裝罐

1. 蒸溜 醱酵膠醱完後，通入蒸溜機，提出酒精。蒸溜機之構造，雖頗複雜，但各部分集中，可由一人管理之。蒸溜手續，至為瑣屑，最重要者，務使蒸出之酒精，維持同一之成分，並盡量分離易揮發之醛質 (Aldehydes) 及難揮發之富塞爾油 (Fusel oils,) 方可得純良之出品。著者歷年製成之酒精，成分均為96%，並經前農商部試驗所試驗結果，不含一切毒質云。

2. 裝罐 洋鐵皮製造酒精罐時，多用鹽酸為鏽藥，故未裝罐之先，須用沸水洗滌數次，除去鹽酸。如未洗淨即裝酒精，則酸與錫生作用，致酒精內發現白色沈澱；甚至酸與鐵作用，致酒精內發現紅濁沈渣。著者初時僅將洋鐵罐用冷水及酒精洗滌，致數百罐之酒精，悉變白濁，不得已將白濁之酒精，加水重行蒸溜。失敗為成功之母，信哉言乎！

(六) 製造成績。

茲將民國十五年六月份製造成績列下(分析結果：)

種 類	擔 數	濃 度	甘蔗糖	純率(%)
甘蔗糖蜜	1330.8	80.0	61.4	76.78
甜菜糖蜜	435.1	80.0	53.6	67.00
甜菜濃汁	甲 397.9	53.8	43.1	80.11
	乙 261.9	55.9	43.8	78.35

	著		述		29
--	---	--	---	--	----

甜菜糖洗蜜	204.0	72.0	55.4	77.00
污糖蜜	67.16	80.0	50.0	62.50

茲按上列擔數及分析成績計算各種原料之甘蔗糖總量如下：

甘蔗糖蜜	817.5擔
甜菜糖蜜	233.2擔
甜菜濃汁	甲171.5擔 乙114.7擔
甜菜糖洗蜜	113.1擔
污糖蜜	33.6擔
合計	1483.9擔

上述1483.9擔之甘蔗糖，按理論計算應得酒精798.2擔，實得3180罐，合715.5擔，約合理論上百分之九十。若專按甘蔗糖蜜計，每百斤甘蔗糖蜜，實際可出酒精29.61斤或1.31罐。

(注意)以上成績，詳見溥益釀造工廠工作報告書。

The Effect of Heat Treatment upon the Drawing

Properties of Steel Wires.

因篇中有許多專門名詞，不易翻譯，故用英文，尙希閱者諸君諒之。

錢 祥 標

The Theory of Wire-drawing

In theory all that happens to a piece of wire in drawing is that its length is increased and its diameter is decreased by stretching. In the case of a soft wire, it is possible to reduce its diameter and increase its length by simply stretching it with its one end fixed and pulling at the other. In that kind of stretching, however, we do not have any increase in its tensile strength, as there is no such circumferential compression as is produced in drawing a wire through a die.

The problem of wire-drawing is really one of flow of metal through a reducing orifice and mathematical formulas for total pulling force P and total circumferential pressure R exerted on the walls of the die may be deduced on this assumption. In order to get some general idea of the magnitude of P and R , let us take, as an illustration, the case of drawing a No. 5 gauge rod of .10% C. steel to No. 8 gauge. In this case, P is equal to 1500 lb. while the circumferential pressure R on the shoulder of the die equals 63

tons per sq. in. of curved surface.

In considering the problem, a unit volume of material is taken, represented by the truncated cone *aa, bb*, in Fig. 1. The actual

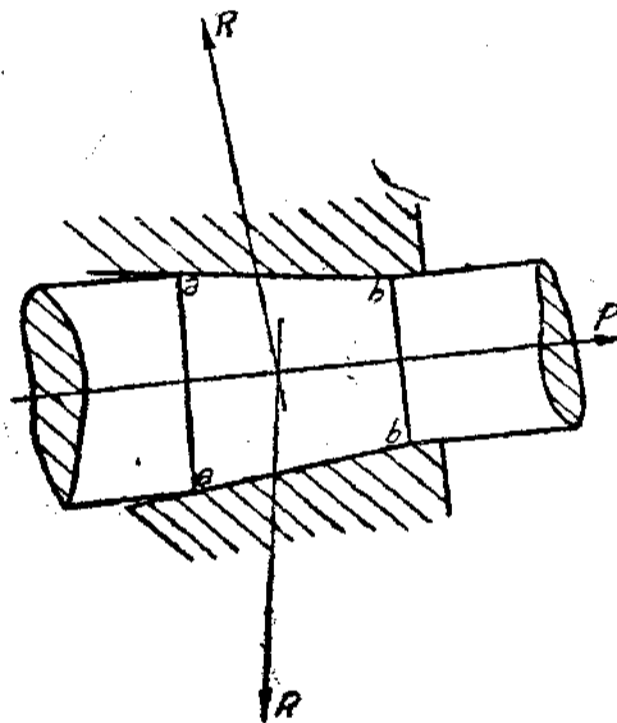


Fig 1

work done by *P* in drawing the wire through the die equals 35.9 ft.-lb. Theoretically, a total of 24.6 ft.-lb. only is required to effect the reduction of the unit volume; 15 ft.-lb. being expended in compression and 9.6 ft.-lb. in stretching. Therefore, the work lost in overcoming friction amounts to 11.3 ft.-lb., or 31.4% of the total. The total pull may with safety be allowed to amount to 75% of the breaking strength. With the enormous pressure of 63 tons per sq. in., it is evident that some form of lubricant should be used. In fact, a large part of the success in drawing depends upon use of proper lubricants.

For the correct drawing of wire, it is absolutely necessary that the metal should pass through the draw-plate with even lines of

flow. For instance, all the points in a plane section "aa" should still remain in a plane section after passing through the die, such as "bb" in Fig. 2. If the core lags behind, as shown in Fig. 3, or if the skin lags behind, as shown in Fig. 4, the wire will be spoiled. The commonest defect comes under the second case, giving



Fig. 2



Fig. 3.



Fig. 4.

the well-known phenomena of "cuppiness" in wire, which means that the core is actually fractured, before any sign of failure is visible on the skin, and which, of course, causes extreme brittleness.

Any defect in steel or in method of manufacturing which causes uneven flow of metal through the die will cause "cuppiness", a common case being that due to a hard core of segregated high carbon content.

The critical part of a wire-drawing machine is the die and upon its proper design and maintenance the success of the draw depends. By improving the shape of the die hole, we may often save a great deal of power. Unfortunately, there are no set rules for its design, though the laws of flow through a reducing orifice

is well established. Thus, one manufacturer will say that the reduction of the area of the wire in drawing by $1/5$ is the best; while another will claim an elongation of 50% in one pass. The truth seems to be that the shape also depends upon whether hard or soft steel is to be drawn.

In England, dies are generally made of steel, although cast iron is sometimes used in drawing copper, and diamond dies are employed in drawing long lengths of fine wire in continuous machines. But in America, chilled cast iron plates are very often used for the heavier sizes of wire. For the heavy work of "breaking down", the die plate has usually from a dozen to 18 holes, which are of the same size and used in turn, as they wear out.

Up to the last ten years, the drawplates were all made of simple carbon steel containing about 1.6% C., but very hard dies have now been used containing up to as much as 13% of chromium. These dies give good results in practice, wearing very slowly, if at all. But some wire-drawers prefer the old type of dies for certain kind of work, for the die hole will "give" a little, and the wire will not draw so "harshly"

The proper shape of the hole for a "breaking down" die is shown in Fig. 5. It has two distinct zones, a comparatively short tapered section, in which the actual drawing is done, and a bell mouth leading up to it. The important point is that the bell

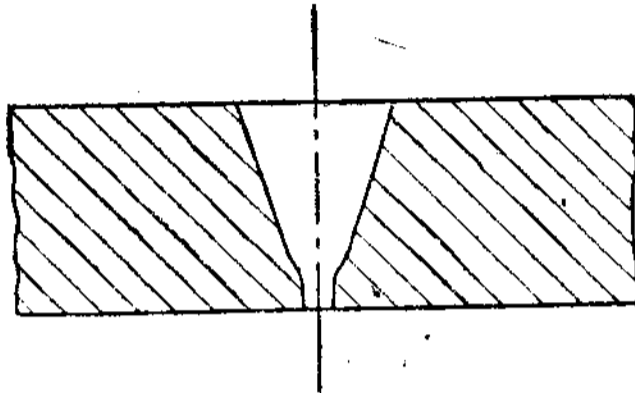


Fig 5

mouth should have a well-rounded approach to the taper, so that its walls are quite clear of the entering wire. Without this precaution, there is liability for the metal of the die to be drawn

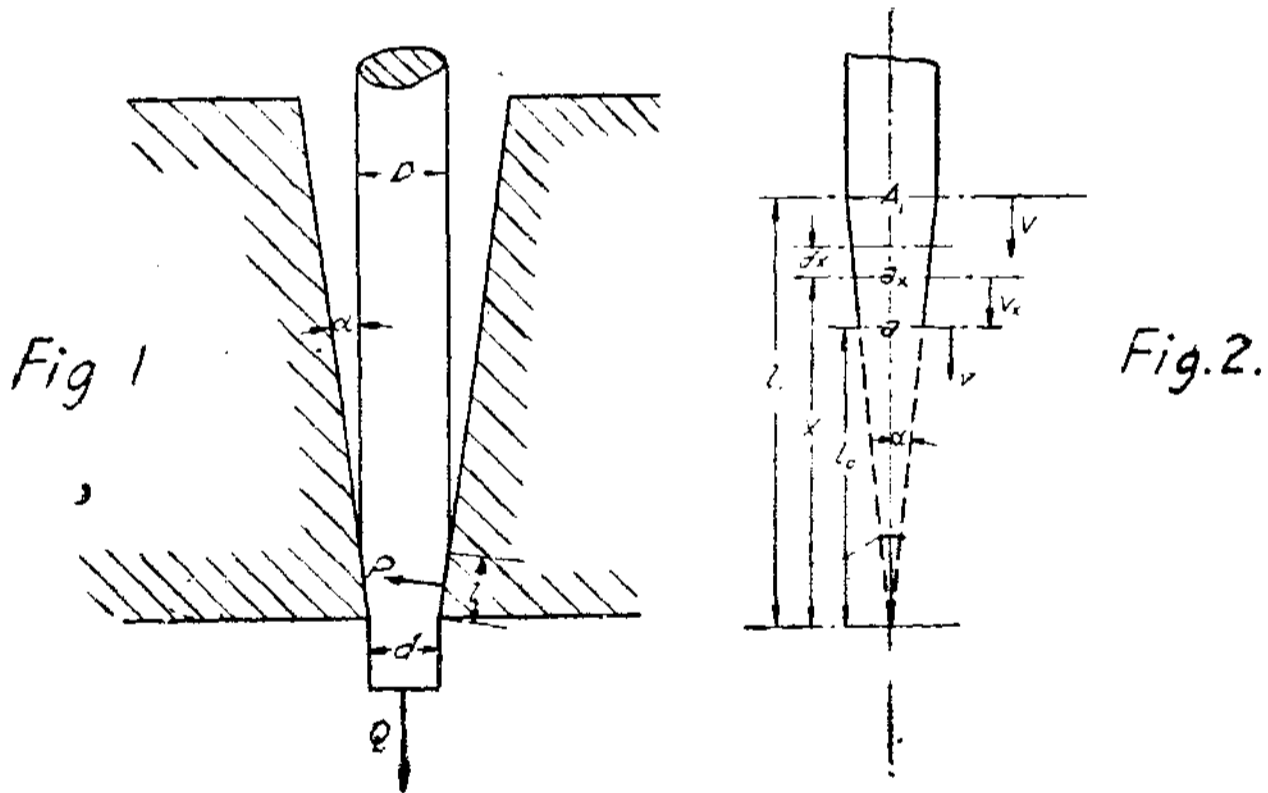
forward by the wire, and piled up in the throat, the hole being "pulled out". Thus, the opening becomes too small and the wire is scrapped. The same defect may be produced, if the wire is not thoroughly lubricated.

The reason for the peculiar shape of the die hole may be found in the material used in the die, namely, plain carbon steel containing 1.5 to 2% C., and the method of hardening it. Owing to the impossibility of maintaining the size of the hole in heat-treatment, the metal around the hole is hardened by hammering, called "battering". This work-hardening can obviously be made to penetrate only a limited distance below the surface of the die, and this is the reason why the bell mouth must be cleared well back from the bearing part of the hole, which is of a depth corresponding to the thickness of the hardened metal. After hardening, the hole is brought to the exact size by means of a punch, which

further hardens the metal around the hole.

The speed at which the wire passes through the die depends upon the hardness of the wire and its diameter. The most economical speed for a particular kind of wire has to be determined experimentally.

Formulars Showing Approximately the Relation between Quantities Involved in Wire-drawing.



V = Velocity of wire before entering the die.

D = Diameter of wire before entering the die.

A = Sectional area of wire before entering the die.

v = Velocity of wire after leaving the die.

- d = Diameter of wire after leaving the die,
 a = Sectional area of the wire after leaving the die,
 v_x = Velocity of a section of wire inside the die,
 d_x = Diameter of this section,
 a_x = Area of this section,
 P = Mean pressure per sq. in. on the tapered surface,
 P = Total pressure on the tapered surface,
 l = length of taper of wire in the die, (nearly) length of center line,
 Q = Total force acting on the wire in direction of motion,
 α = Angle between the tapered surface and center line of wire
 V_m = Mean velocity of the whole wire, in passing through the die
 f = Coefficient of friction in the die.

Assuming the same density for different parts of the wire, we have

$$VA = v_x a_x = va \quad (1)$$

Calling V_m the mean velocity of the whole wire, we obtain from Fig. 2,

$$V_m = \int_{l_0}^{l_1} \frac{v_x dx}{l_1 - l_0} \quad (2)$$

From eq. (1), we have

$$v_x = \frac{V A}{a_x}$$

and by substituting this value of v_x in eq. (2), we obtain

$$V_m = \frac{V A}{l_1 - l_0} \int_{l_0}^{l_1} \frac{dx}{a_x} \quad (3)$$

We have from Fig. 2 also,

$$\frac{a_x}{A} = \frac{x^2}{l_1^2}, \quad a_x = \frac{Ax^2}{l_1^2} \quad (4)$$

Substituting in eq. (3),

$$V_m = \frac{V l_1^2}{l_1 - l_0} \int_{l_0}^{l_1} \frac{dx}{x^2} = \frac{V l_1^2}{l_1 - l_0} \left\{ \frac{1}{l_0} - \frac{1}{l_1} \right\}$$

Or,
$$V_m = V \frac{l_1}{l_0} \quad (5)$$

From Fig. (2), also

$$\frac{l_1}{l_0} = \frac{D}{d} \quad (6)$$

and by substituting in (5),

$$V_m = V \frac{D}{d} \quad (7)$$

Taking the work done in consideration, we obtain from Fig. (1),

$$P(\sin \alpha + f \cos \alpha) V_m = Qv \quad (8)$$

And by substituting in this the value V_m as found in eq. (7),

we have

$$P(\sin \alpha + f \cos \alpha) V \frac{D}{d} = Qv$$

By substituting the value of v as found in eq. (1), we have

$$P(\sin \alpha + f \cos \alpha) \frac{D}{d} = \frac{QA}{a}$$

But

$$\frac{A}{a} = \frac{D^2}{d^2}$$

Hence,

$$P(\sin \alpha + f \cos \alpha) = \frac{QD}{d} \quad (9)$$

From Fig. (1),

$$\sin \alpha = \frac{D-d}{2l}$$

Therefore,

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \left(\frac{D-d}{2l}\right)^2}$$

Hence,

$$P = \frac{QD}{\alpha \left\{ \frac{D-d}{2l} + f \sqrt{1 - \left(\frac{D-d}{2l}\right)^2} \right\}} \quad (12)$$

Effects of wire-drawing on the Physical properties and Constituents of Steel.

The general effects of wire-drawing on the tensile strength, elongation, and torsion of plain carbon steel are more or less familiar to all. But comparatively few know the effects on the density of the wire. When a piece of wire is drawn through a die its density increases at first due to the compression exerted by the walls of the die. But after the reduction has reached a certain stage, if the wire is subjected to further drawing it will actually,

get lighter and is over-drawn. At that critical stage, the tensile strength will begin to increase very rapidly, but the wire becomes exceedingly brittle, as shown by its low torsion and elongation. The wire is ruined and not good for any practical purpose.

The effect of drawing on the hardness of the sorbite is interesting. When the cold work is not carried beyond a critical point, where the grains of sorbite and pearlite are broken up into fibers and lose their identity, it does not result in hardening the grains to any appreciable amount. This is, probably, due to the formation of slip bands, so that although the crystals in individual grains slide over each other, and the polyhedral grains are made over into long fibers, the physical properties are not damaged (save the elongation), but on account of the increase in density, are actually benefited thereby.

But if the cold work is carried to a stage where the particles of one grain are moved till they encroach upon and penetrate into other adjacent grains, and perhaps till the whole grain be actually torn apart, so that the entire structure is made of fibers more or less torn apart, then the hardness seems to increase and also brittleness. This extremely brittle wire is not of much use.

If this wire-drawing is carried still farther, even the tensile strength will decrease. The increase in ultimate strength due to a tensile stress is explained by Rosenhain as due to the formation

of new slip bands in grains whose crystals are not oriented in a direction as favorable for slipping as when the stress is first applied.

The reason for increase in hardness after a certain critical stage must be due to an allotropic change in the iron, or to a chemical change in the carbon, or both.

It may be of interest to mention that grains of pure ferrite do not increase in hardness under the heaviest deformation obtained in wire-drawing. There is, of course, a hardening effect given to the whole wire, but this lack of ductility seems to be due to the fact that no more slipping over each other of the crystals can take place, but the actual grains themselves do not seem to be hardened.

Pure iron, though softer than steel, would not stand as much drawing as the steel of sorbitic-pearlitic structure. This fact is probably due to the tenacity of iron being much less than that of a eutectoid steel. The iron wire draws nicely for three or four holes, but by that time all the slip-bands that can be formed have already slid, and the metal has to break, since it can yield no longer. In the steels of sorbitic-pearlitic structure, the ferrite is strengthened immensely by the cementite, and since both the ferrite and pearlite, as present in a soft steel, undergo a mutual deformation when subjected to stress, it follows that in a number

of holes of wire-drawing the steel elongates gradually, while the iron has its "stretch" nearly all removed by the first two or three holes, so that in the finished wire, elongation is less than in the steel wire.

The Heat-treatments of Steel Wires.

The principal heat-treatments used in wire manufacturing are:

- (1) annealing; (2) patenting; (3) hardening and tempering.

I. Annealing.

Annealing in wire manufacturing serves to accomplish three functions:- (1) To remove the effects of hardening due to cold cold work in wire-drawing. Annealing for this purpose covers principally the low carbon steel wires, those with .25% C. or under. Some authorities seem to recognize the fact that in such annealing, it is not absolutely necessary to reach the critical temperature, (2) To refine the grains—applied principally to the higher carbon wire, those with .30% C. or over. (3) To obtain some definite structure, i.e., spheroidized cementite. This treatment is used for wires serving special purposes.

Effect of initial annealing.- Authorities have divergent opinions on the necessity of initial annealing. Mr. J. Dixon Brunton's conclusion is that annealing the rod before the final annealing does not in any way produce better material and is, therefore, not necessary. But Mr Longmuir maintained that annealing before drawing is

(1) "The Engineer", Aug 1, 1924.

necessary to insure uniformity in the final wire.

The actual increase in elongation after annealing depends upon the time the metal is under treatment but at end of five minutes (usually), the maximum increase in elongation at any temperature has reached. This simply means that the material has been thoroughly heated by that time and the effect of cold work has all been removed.

Reducing the wire too much before annealing causes crystallization and the wire continues to be brittle after annealing.

II. Patenting.

Patenting is a term used in wire-drawing industry to describe a process which aims at leaving the material at sorbitic state. It is usually used for medium carbon steel (.35% - .85% c.) when both strength and toughness are required. It would be impossible to make rope and music wires without patenting. The process consists of heating above the critical range and cooling fairly rapidly, (such as in air), through the critical range. The high tensile strength is due to carbon in solution, while toughness is due to its fine grain structure. The functions of patenting are: (1) in the process of manufacture, the removal of cold work, and (2) in the finished wire, to give together with cold work, desired strength and toughness. Patenting process permits more cold work than annealing, which is due to its toughness.

III. Hardening and Tempering.

Hardening and tempering apply to the higher carbon steel wire, from .65%–1.00%. In wire drawing, they are considered as one continuous process, there being no field of usefulness for wire simply hardened. The wires are drawn through heated tubes of furnace, quenched in oil or water, and, finally, tempered in a bath of molten lead in one process.

Procedure.

Three series of experiments were conducted on the following two kinds of steel wires:—

	%C.	%Mn.	%S.	%P.	%Si.
I	.10	.35	.050	.023
II	.45	.88	.045	.017	.14.

The first series was on the .10 % C. wire. After it had gone through so many drafts that heat-treatment was necessary for further drawing—in this case, after the 10th draft—it was annealed in a gas furnace at 1600 F. Then it was drawn through more holes, until the smallest hole available was reached. The reduction of cross-sectional area, maximum load, elongation, and torsion were recorded after each draft. To compare with the effects of annealing after the 10th draft, specimens of the same wire were also prepared to be annealed at one and two drafts ahead of the 10th draft and physical properties investigated.

The results of this series are tabulated in Tables I and II, where "A" denotes .10% C. specimens to be differentiated from "B" and "C", which both designate .45% C. specimens. The subscript designates the number of drafts the specimen has gone through, for instance, "A"₃ means after the 3rd draft, while A₀, no draft after initial annealing. "AX", "AIX", and "AVIII" in Table II mean .10% C. specimens annealed after the 10th, 9th, and 8th drafts, respectively.

The 2nd series was conducted on the .45% C. wire, the specimens in this series being designated by "B". The procedure was the same as in the first series, the intermediate annealing being tried after the 9th, 8th, 7th, and 6th drafts for various specimens, as tabulated in Tables IV and V.

The 3rd series was conducted also on the .45% C. wire. The only difference between this series and the 2nd one is in the method of heat-treating, the specimens in this series, designated by "C", being patented instead of annealed. The results are tabulated in Tables VI, VII, and VIII.

For all of the three series, the investigation was conducted under the actual working conditions of a modern wire mill. For instance, after each heat-treatment, the specimens were pickled, dipped in the lime solution and baked, as done in the mill.

Tabulated results and plots are given in the following pages.

Table 1.
10% C. Steel Wire, Annealed

Specimen No.	Wire		% Reduction		Maximum Load, Lbs.	Tensile strength lbs./[$\frac{1}{4}$ "]	Elongation		Torsion 100 Diam. Twists
	Diameter Inch	Area Sq. inch.	Overall	Successive			in 25" inch	%	
A0	0.110	0.00950	0	0	496	52,200	4.25	17.1	91
A1	0.103	0.00833	12.3	12.3	—	—	—	—	—
A2	0.094	0.00694	27.0	16.7	—	—	—	—	—
A3	0.082	0.00528	44.4	23.9	400	75,700	0.58	2.32	115
A4	0.0765	0.00460	51.6	12.9	—	—	—	—	—
A5	0.069	0.00374	60.7	18.7	—	—	—	—	—
A6	0.061	0.00292	69.3	21.9	263	90,200	0.42	1.68	39
A7	0.055	0.00238	75.0	18.6	—	—	—	—	—
A8	0.044	0.00152	84.0	36.0	—	—	—	—	—
A9	0.0385	0.00116	87.8	23.4	123	105,500	0.17	0.68	30
A10	0.036	0.00102	89.3	12.5	124.7	122,700	0.12	0.48	20

Table 2.
• 10% C. Steel Wire, Annealed.

Specimen No.	Wire		% Reduction			Maximum Load, Lbs.	Tensile Strength, Lbs./[1]"	Elongation in 25"			Torsion in 100 Diarn.
	Diameter Inches	Area Sq. Inch.	After Anneal	After Intermediate Anneal	After Successive Anneal			Inches	%		
Annealed Again After A ₁₀											
AX ₀	.034	.000908	90.6	0	0	54.0	59,500	1.70	6.80		60
AX ₁	.026	.000532	94.5	41.6	41.6	47.5	89,900	0.08	0.32		66
AX ₂											
Annealed Again After A ₉											
AIX ₀	.035	.000941	90.2	0	0	54.2	52,200	2.37	9.48		83
AIX ₁	.028	.000613	93.7	34.9	34.9	51.0	83,000	0.10	0.40		68
Annealed Again After A ₈											
AVIII ₀	.043	.00145	84.7	0	0	86.0	59,400	2.27	9.08		112
AVIII ₁	.040	.00126	86.7	13.1	13.1	85.3	67,500	0.37	1.48		99
AVIII ₂	.034	.000909	90.5	37.3	27.8	74.8	82,500	0.20	0.80		63
AVIII ₃	.026	.000531	94.5	63.4	41.6	51.8	97,900	0.13	0.54		2

Table 3.
.45% C, Steel Wire, Annealed.

Specimen No.	Wire		% Reduction		Maximum Load, Lbs.	Tensile Strength Lbs./[I]²	Elongation in 25"		Torsion in 100 Diam.
	Dia. Inches	Area Sq. Inch.	Overall	Successive			Inches	%	
B ₉	0.111	.009677	0	0	884	91,400	3.20	12.8	47.5
B ₁	0.107	.009020	6.78	6.78	905	100,000	0.935	4.28	53.5
B ₂	0.095	.007088	26.8	21.4	—	—	—	—	—
B ₃	0.085	.005674	41.3	19.9	740	130,000	0.35	1.40	45.0
B ₄	0.078	.004778	50.6	15.8	—	—	—	—	—
B ₅	0.070	.003848	60.3	19.4	—	—	—	—	—
B ₆	0.069	.003739	61.4	2.83	573	153,000	0.37	1.48	38.0
B ₇	0.058	.002642	72.7	29.4	—	—	—	—	—
B ₈	0.052	.002124	78.2	19.6	—	—	—	—	—
B ₉	0.046	.001662	82.6	21.8	296	178,000	0.27	1.08	35.0
B ₁₀	0.038	.001134	88.2		Failed, When Part Way through.				

Table 4.
.45% C. Steel Wire, Annealed.

Specimen No.	Wire		% Reduction		Maximum Load, Lbs.	Tensile Strength, Lbs. / 1/16"	Elongation in 25"		Torsion in 100 Diam.
	Diameter Inches	Area Sq. Inch.	After Intermediate Annealing	After Successive Annealing			Inches	%	
Annealed Again After B ₉									
BIX ₀	.0452	.001605	83.4	0	144.5	90,000	2.50	10.0	42 1/2
BIX ₁	.0393	.001213	87.2	24.4	144.8	119,000	0.10 ^x	0.4 ^x	37
BIX ₂	.0323	.0008194	91.7	55.2	115.0	140,300	0.16	0.64	33 1/2
BIX ₃	.0267	.0005599	94.1	65.2	87.5	156,200	0.12	0.48	35
BIX ₄	.0220	.0003801	96.0	76.4	62.5	164,200	0.04	0.16	22
BIX ₅	.0210	.0003464	96.4	78.5	60.0	173,200	—	—	22 1/2
Annealed Again After B ₈									
BVIII ₀	.0489	.001878	80.5	0	171	91,200	2.58	10.3	45 1/2
BVIII ₁	.0474	.001763	81.7	6.02	6.02	—	—	—	—
BVIII ₂	.0410	.001320	86.4	29.7	25.2	159	0.15	0.60	39
BVIII ₃	.0323	.0008194	91.6	56.5	37.9	117	0.12 ^x	0.48 ^x	37 1/2
BVIII ₄	.0271	.0005786	94.0	69.2	29.6	89.5	0.12 ^x	0.48 ^x	32 1/2
BVIII ₅	.0221	.0003836	96.1	79.6	33.5	65.2	0.19	0.76	36 1/2
BVIII ₆	.0219	.0003767	96.2	80.0	1.8	63.0	0.10 ^x	0.40 ^x	27 1/2

Note: x denotes "Beyond gage"

Table 5.
.45% C. Steel Wire, Annealed.

Specimen No.	Wire		% Reduction			Maximum Load Lbs.	Tensile Strength, Lbs. / In ²	Elongation in 25"		Torsion in 100 Diam.
	Diameter Inches	Area Sq. Inch.	Over-all	After Intermediate Annealing	Successive			Inches.	%	
Annealed Again After B ₇										
BVII ₀	0.0578	.002624	72.9	0	0	231.5	88,500	3.47	13.9	41
BVII ₁	0.0500	.001964	79.7	25.1	25.1	227.0	115,500	0.28	1.12	45.5
BVII ₂	0.0472	.001750	81.9	33.3	10.9	217.0	124,000	0.40	1.60	50
BVII ₃	0.0410	.001320	86.4	49.7	24.5	177.0	134,000	0.22	0.88	39
BVII ₄	0.0323	.0008194	91.5	68.7	37.9	126.0	153,700	0.10 ^x	0.40 ^x	35 $\frac{1}{2}$
BVII ₅	0.0272	.0005810	94.0	77.8	29.1	92.5	159,200	0.08 ^x	0.32 ^x	37
BVII ₆	0.0218	.0003732	96.2	86.0	35.8	Failed, when part way through				34
Annealed Again After B ₆										
BVI ₀	0.0674	.003568	61.4	0	0	329.5	92,400	2.44 ^x	9.76	51
BVI ₁	0.0602	.002846	68.8	20.0	20.2	326.0	114,500	0.22	0.88	41
BVI ₂	0.0503	.001987	77.7	44.2	30.2	270.0	136,000	0.21	0.84	41
BVI ₃	0.0470	.001735	80.2	51.3	12.7	241.0	139,000	0.29	1.16	34 $\frac{1}{2}$
BVI ₄	0.0413	.001340	84.4	62.5	22.8	198.0	147,800	0.14 ^x	0.56 ^x	37
BVI ₅	0.0320	.0008042	89.9	77.4	40.0	133.5	166,000	0.14	0.56	24
BVI ₆	0.0266	.0005557	92.5	84.3	30.9	103.0	185,200	0.14	0.56	23
BVI ₇	0.0233	.0004264	95.5	88.0	23.3	Failed when a little through				

Note: x denotes "Beyond gage".

Table 6.
 .45% C Steel Wire Potented

Specimen No.	Wire		% Reduction		Maximum Load, lbs.	Tensile Strength lbs./□"	Elongation		Torsion 100Diam. Twists
	Diameter inch	Area Sq. inch	Overall	Successive			in 25" inch	in 25" %	
C ₀	0.112	0.00985	0	0	987	100,200	2.55	10.2	47
C ₁	0.095	0.00709	28.0	28.0	—	—	—	—	—
C ₂	0.085	0.00567	42.4	19.9	821	144,500	0.45	1.8	39
C ₃	0.080	0.00503	49.0	11.4	—	—	—	—	—
C ₄	0.072	0.00407	58.7	19.0	—	—	—	—	—
C ₅	0.068	0.00363	63.2	10.8	585	161,000	0.45	1.8	37
C ₆	0.058	0.00264	73.1	27.2	—	—	—	—	—
C ₇	—	—	—	—	—	—	—	—	—
C ₈	0.047	0.00173	82.3	34.3	—	—	—	—	—
C ₉	0.038	0.00113	88.5	34.6	224	193,000	0.17	0.68	16.5
C ₁₀	0.029	0.000661	93.2	41.7	156	236,000	0.068	0.24	13.5

學

工

50

Table 7.
.45% C Steel Wire Patented

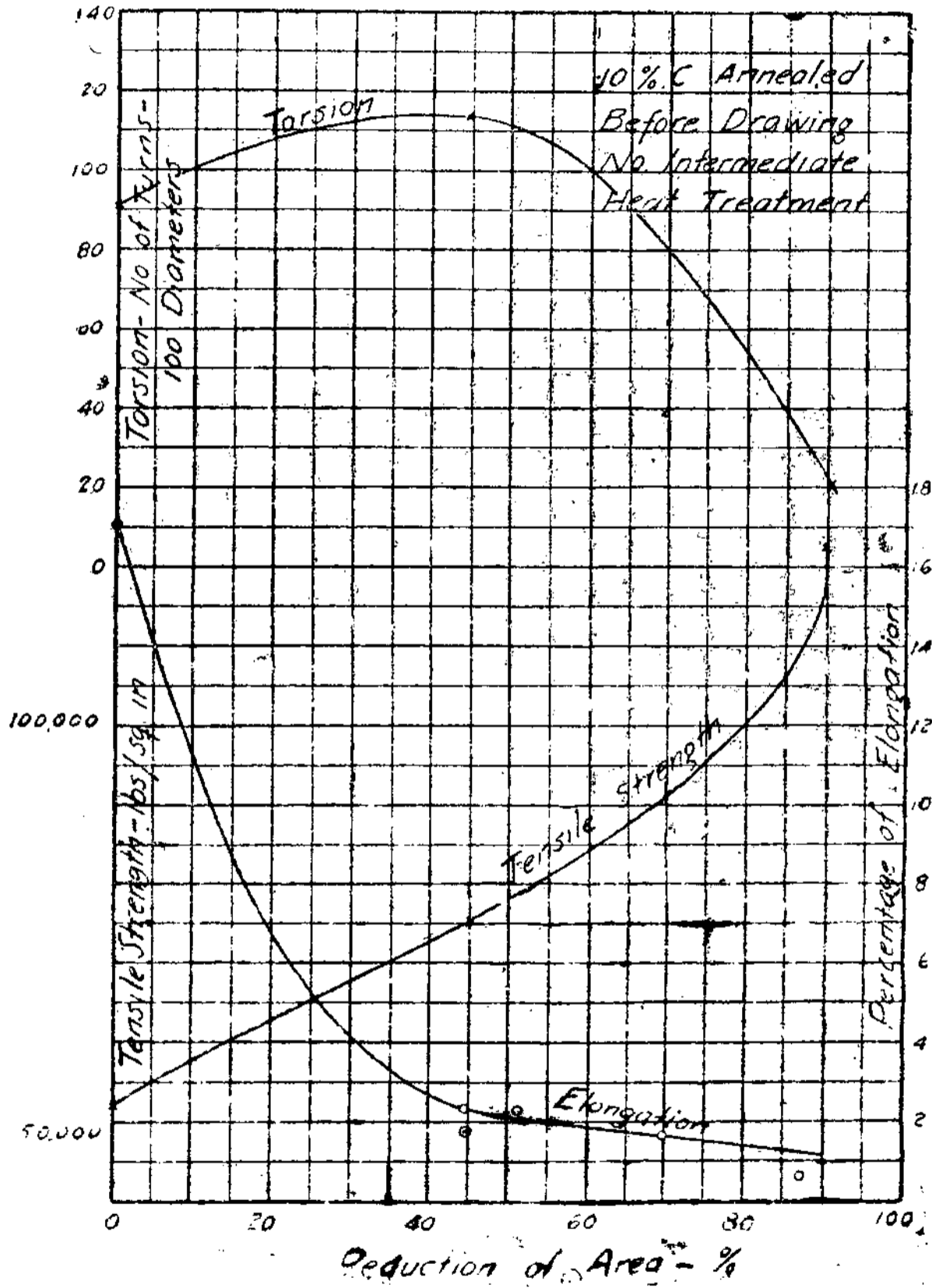
Specimen No.	Wire		% Reduction		Maximum Load, lbs.	Tensile Strength lbs./sq. in.	Elongation, 25"		Torsion 100Diam Twists	
	Diameter Inch	Area Sq. Inch	Over-all	After Patent.			Inch	%		
Patented Again After C ₁₀										
CX ₀	0.029	.000661	93.2	0	73	111,000	1.45	5.8	49	
CX ₁	0.0279	.000611	93.8	7.56	73	120,000	.10	0.4	42.5	
CX ₂	0.0221	.000384	96.2	41.9	37.1	60.0	156,000	.11	0.44	40.5
CX ₃	0.0213	.000356	96.4	46.1	7.3	54.9	154,600	.17 ^x	0.68	29.5
CX ₄	0.0165	.000214	97.7	67.6	39.9	36.5	170,000	.08 ^x	0.32	32.5
Patented Again After C ₉										
CIX ₀	0.0380	.001130	88.5	0	0	120	106,000	1.60	6.40	30
CIX ₁	0.0327	.000840	91.3	25.6	25.6	118	140,500	.08	.32	46.5
CIX ₂	0.0279	.000611	93.8	46.0	27.3	91.3	149,000	.10 ^x	.40	38.0
CIX ₃	0.0226	.000401	96.0	64.5	34.4	67.7	168,000	.17 ^x	.70	28.0
CIX ₄	0.0213	.000356	96.4	68.5	11.2	61.5	173,000	.36	1.44	14.5
CIX ₅	0.0165	.000214	97.8	81.0	40.0	40.8	191,000	.12	.48	5.0

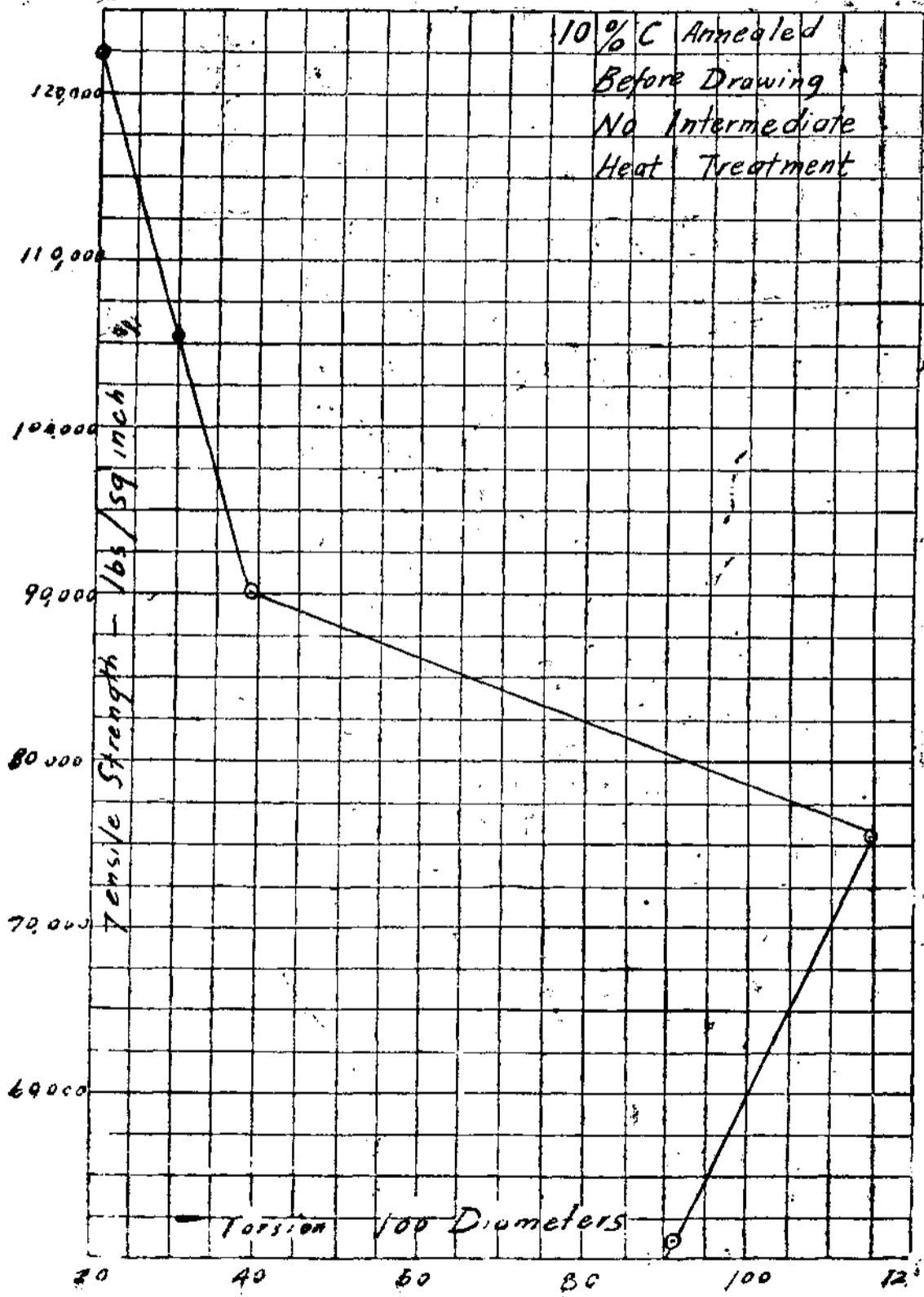
^x Break Bryowd Gage

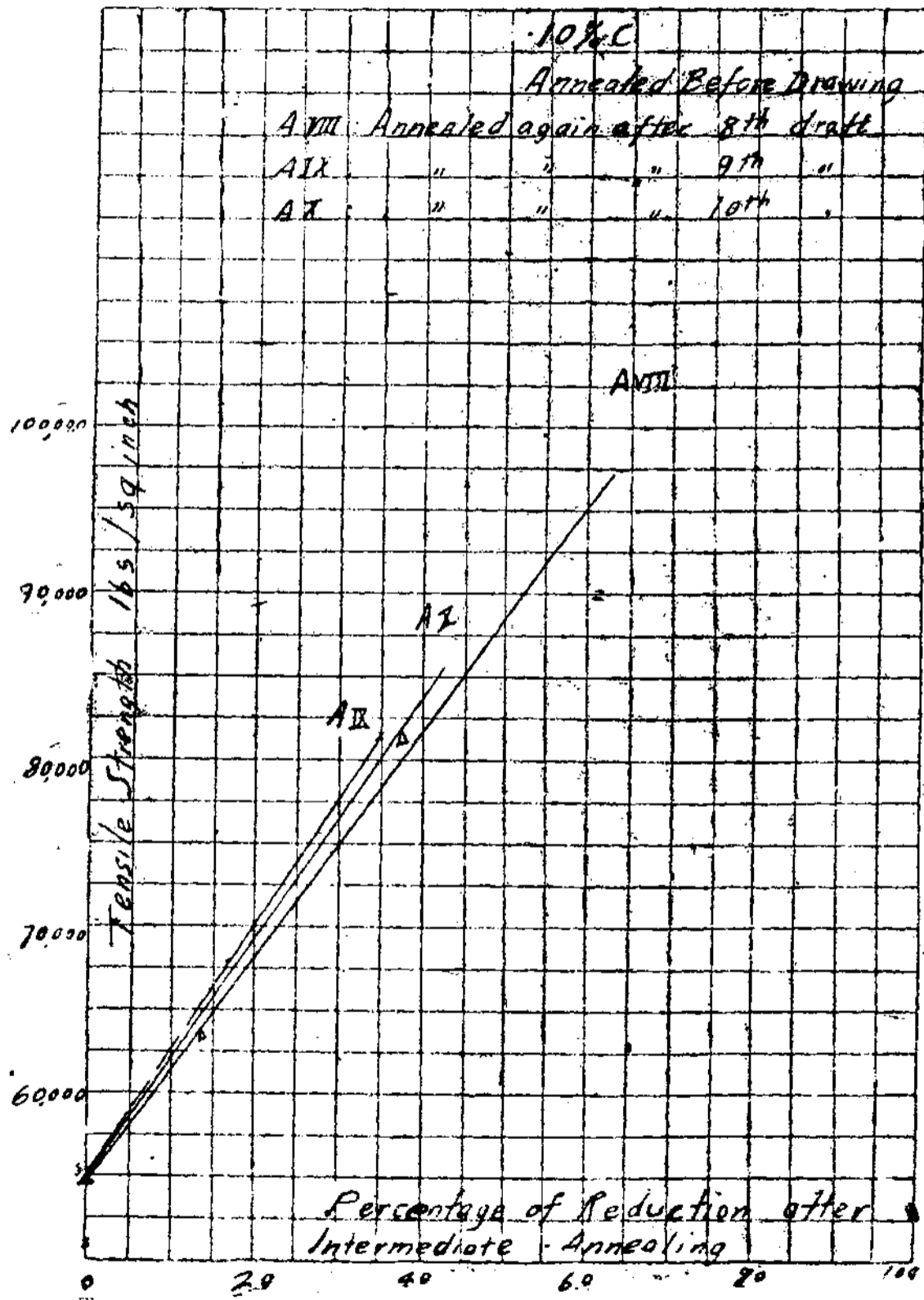
Table 8.
.45% C Steel Wire Patented

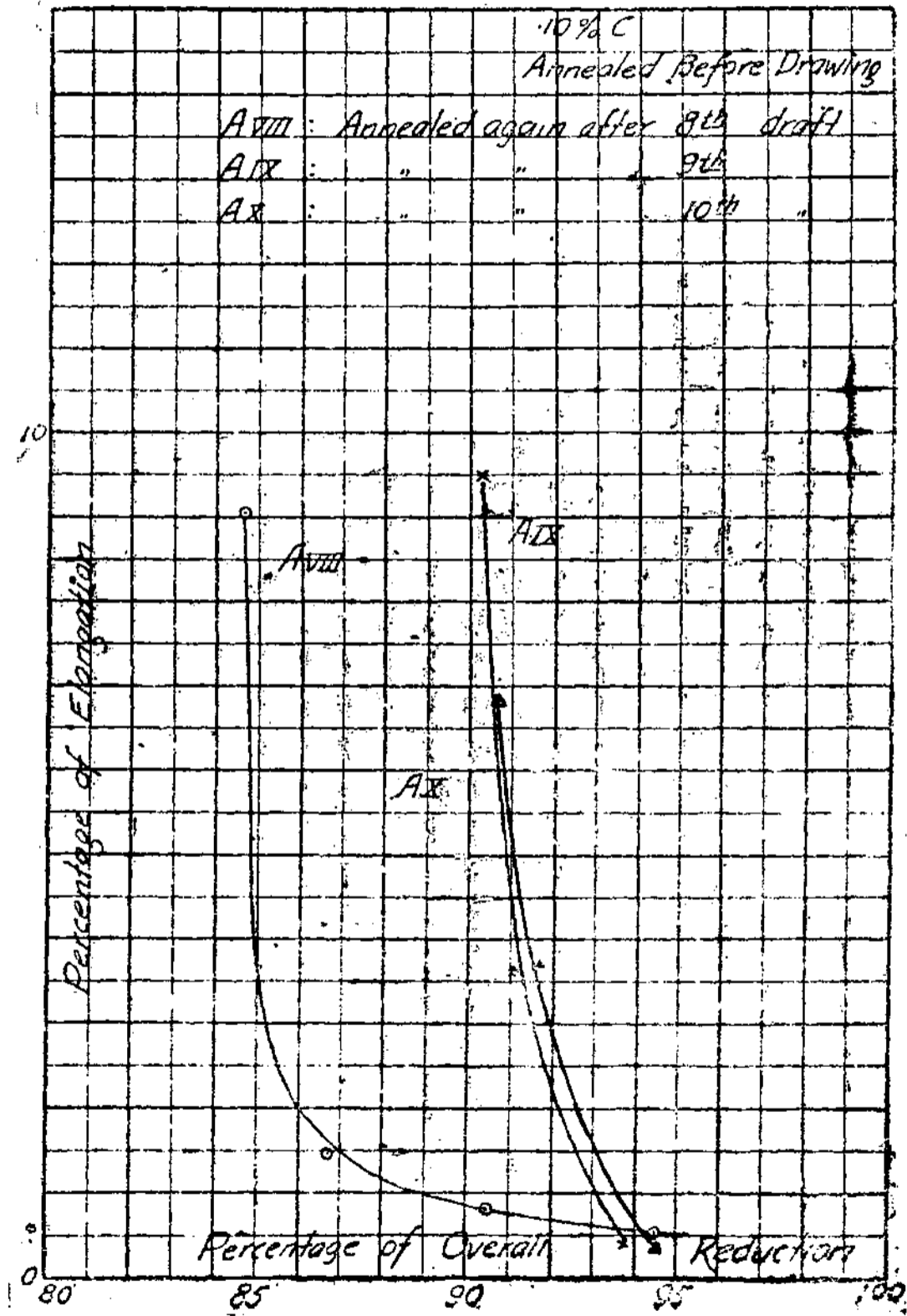
Specimen No	Wire		% Reduction			Maximum Load, lbs.	Tensile Strength lbs./sq. in.	Elongation 25"		Torsion 100 Diarn. Twists
	Diameter Inch	Area Sq. Inch	Over-all	After-terminated Patent	Successive			Inch.	%	
Patented Again After C ₈										
CVIII ₀	.0468	.00172	82.6	0	0	182.5	106,000	1.69	6.72	41.0
CVIII ₁	.0389	.00119	88.0	30.8	30.8	162.5	135,000	.09	.36	46.5
CVIII ₂	.0327	.00084	91.5	51.1	29.4	127.5	152,000	.04*	.16	46.5
CVIII ₃	.0279	.000611	93.8	64.5	27.3	101.0	165,000	.12	.48	22.5
CVIII ₄	.0225	.000398	95.9	76.8	34.9	68.0	171,000	.04	.16	13.5
CVIII ₅	.0213	.000356	96.5	79.3	10.6	66.0	185,000	—	—	26.0
Patented Again After C ₆										
CVI ₀	.0583	.00267	73.0	0	0	290	108,700	1.48	5.92	48
CVI ₁	.0473	.00176	82.1	19.0	19.0	242	138,500	.13	.52	37
CVI ₂	.0413	.00134	86.4	29.2	23.9	194.5	145,000	.08*	.32	36.5
CVI ₃	.0330	.00085	91.4	43.4	36.2	144.5	169,000	.07	.28	39.0
CVI ₄	.0278	.000607	93.6	52.3	29.0	129.2	213,000	.17	.70	29.0
CVI ₅	.0220	.000384	96.1	62.2	36.7	80.0	208,000	.20	.80	12.0
CVI ₆	.0216	.000366	96.3	63.0	47.0	65.0	177,500	—	—	24.5

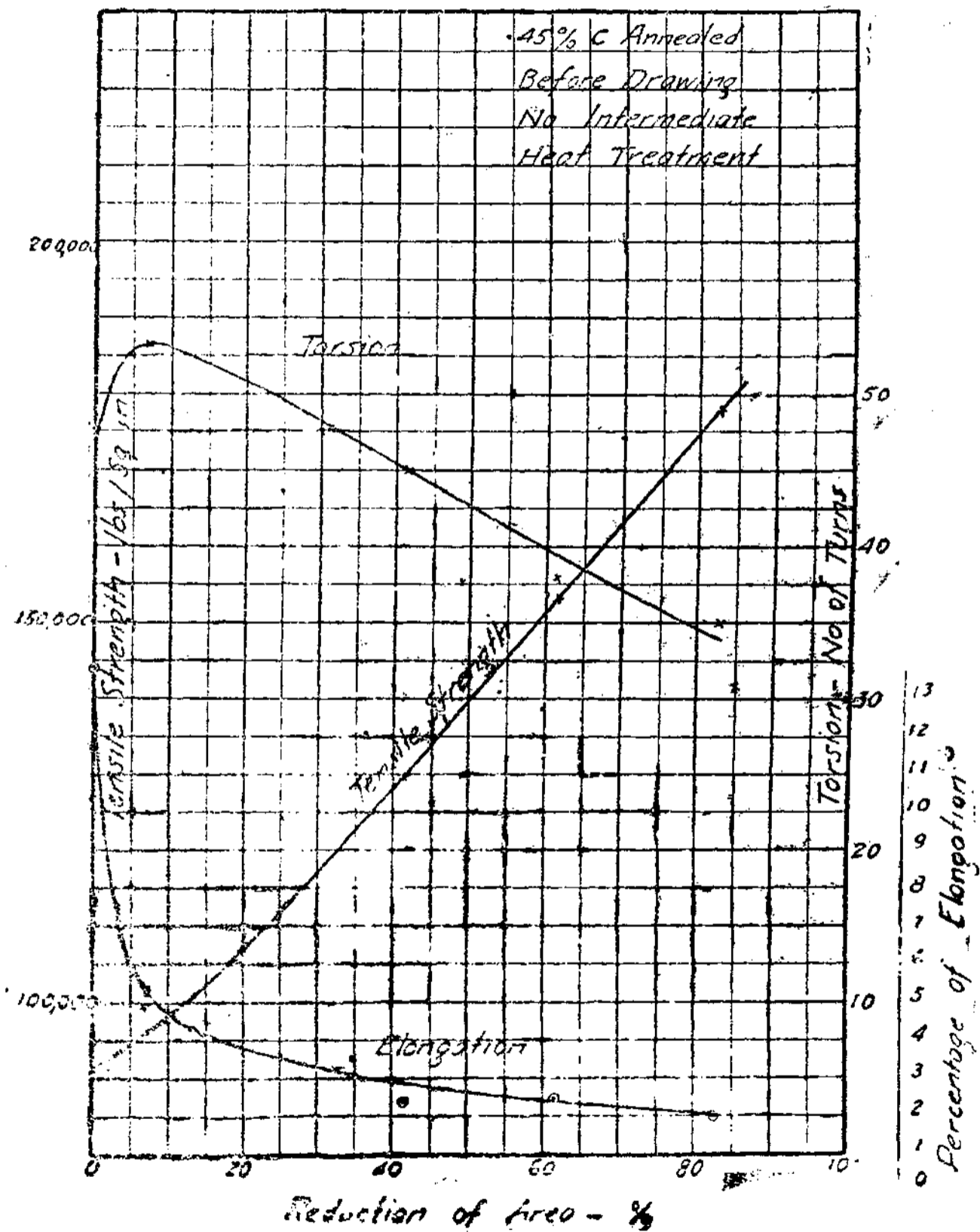
* Break Beyond Gage

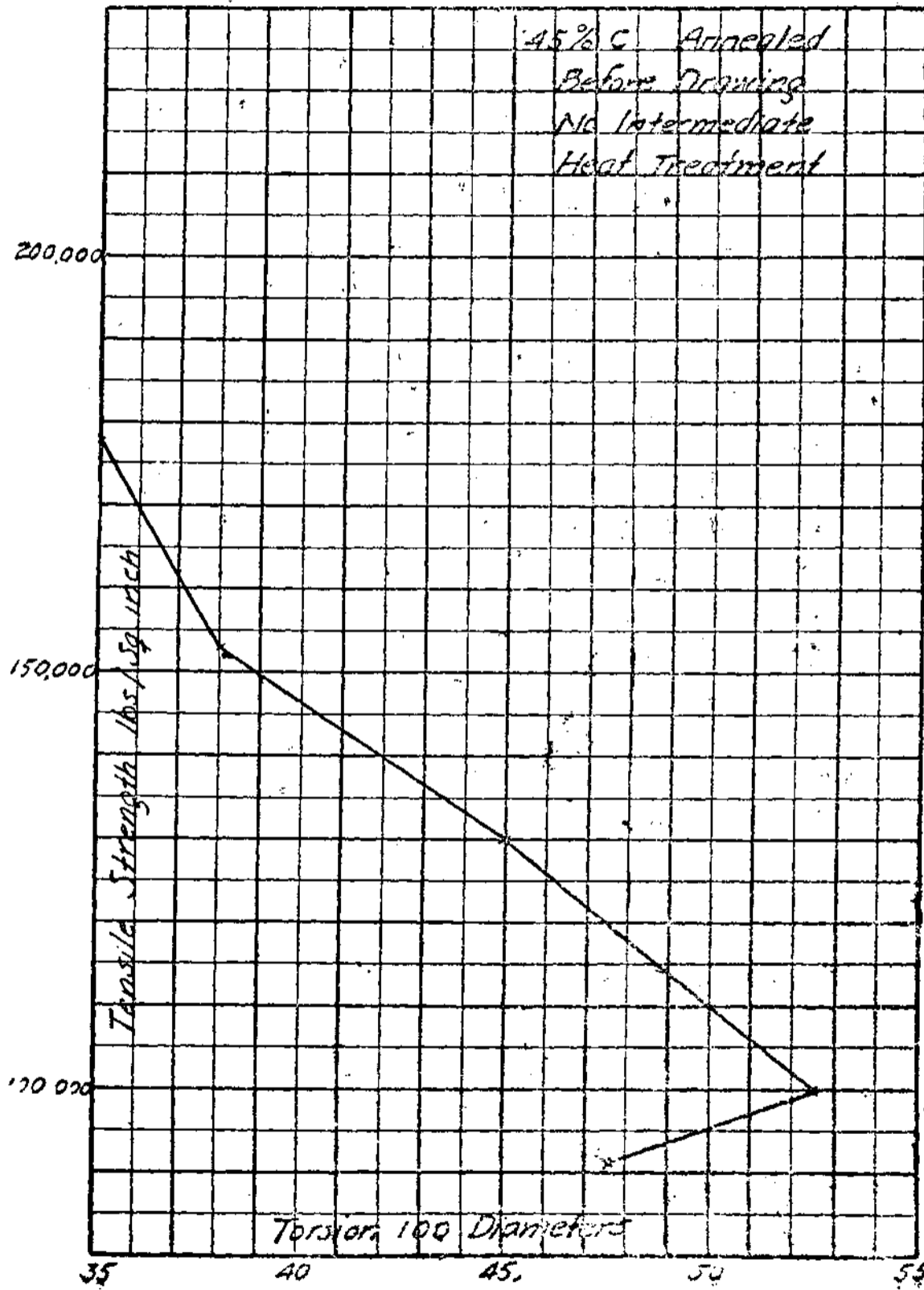


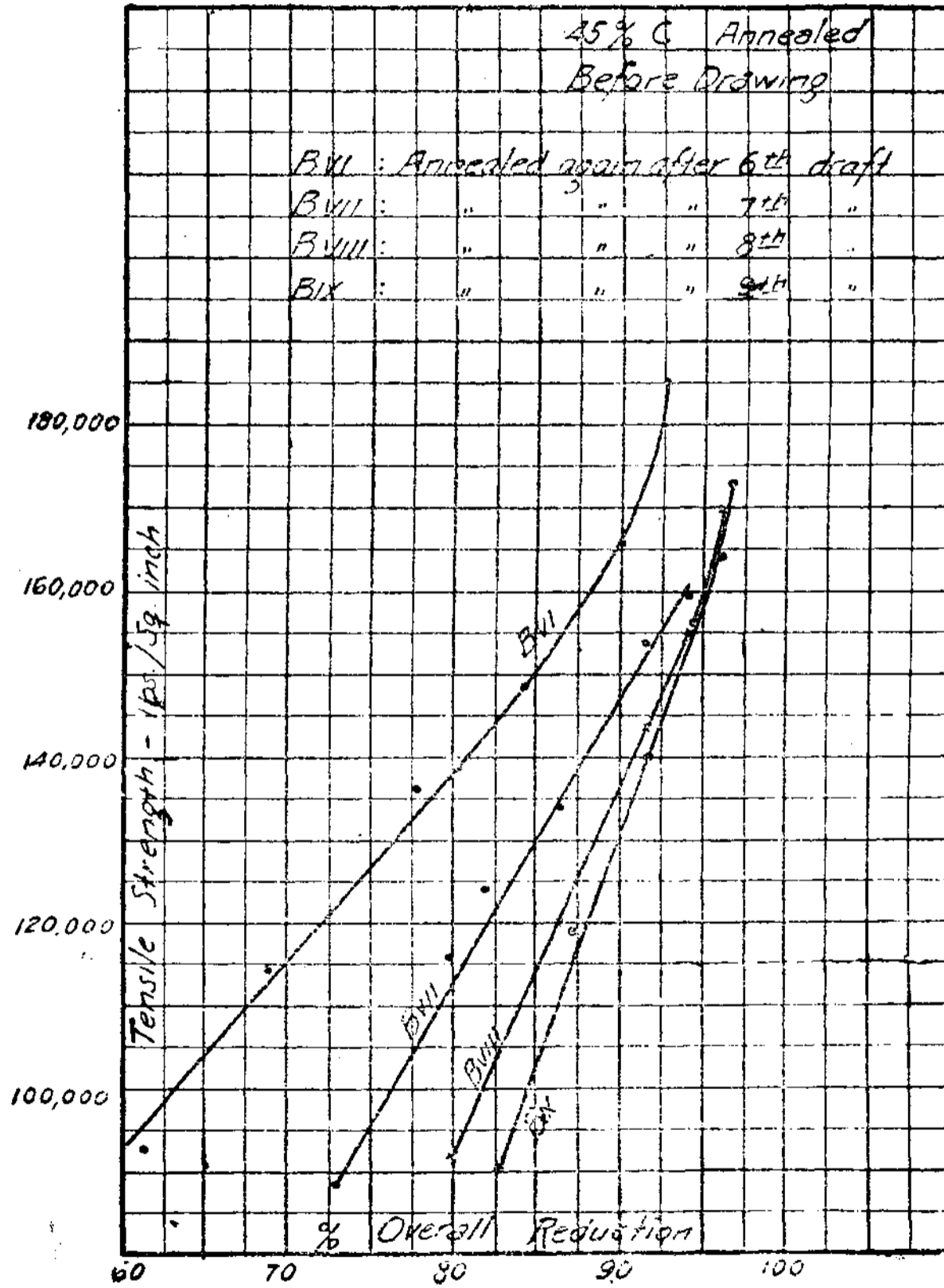


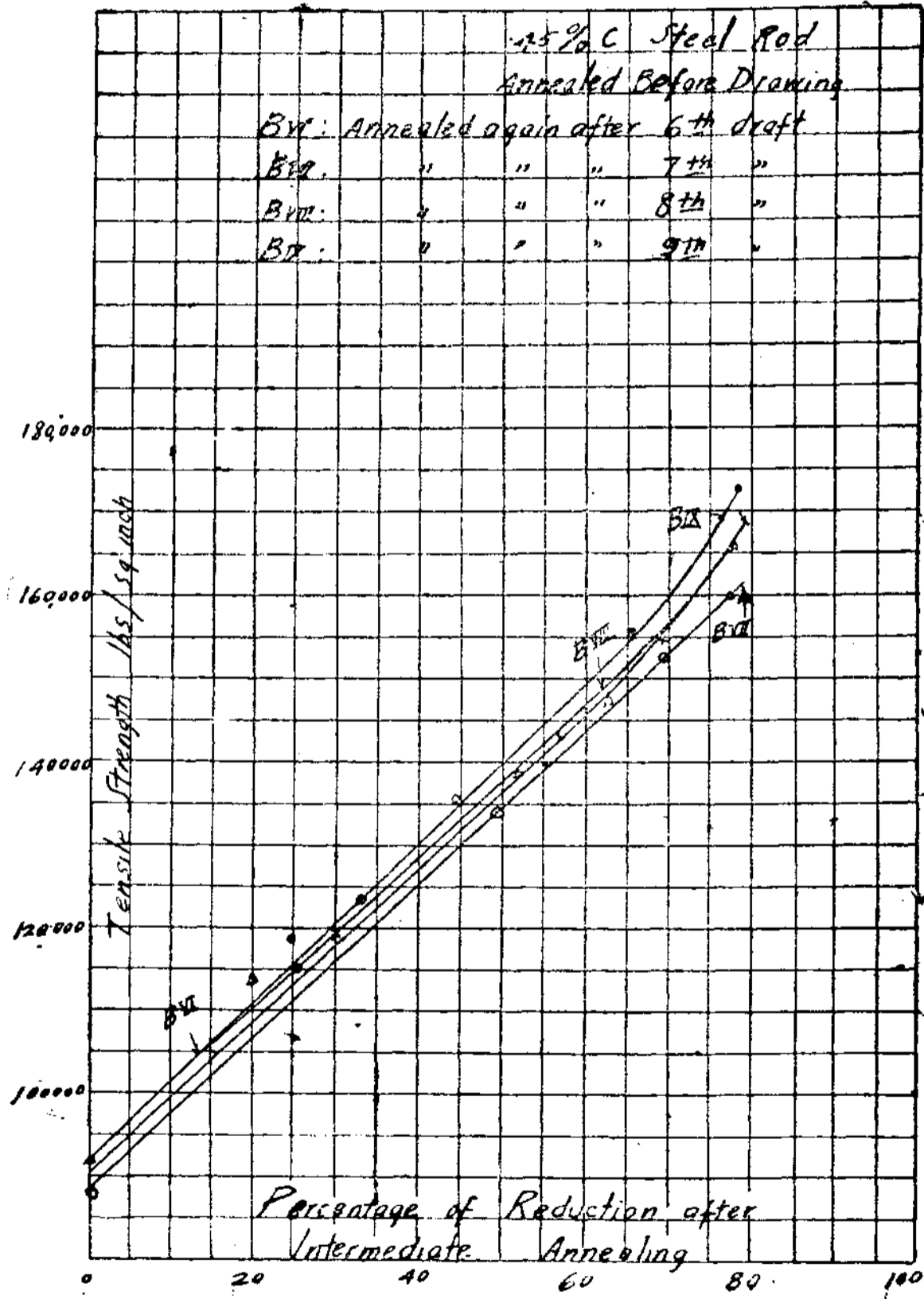


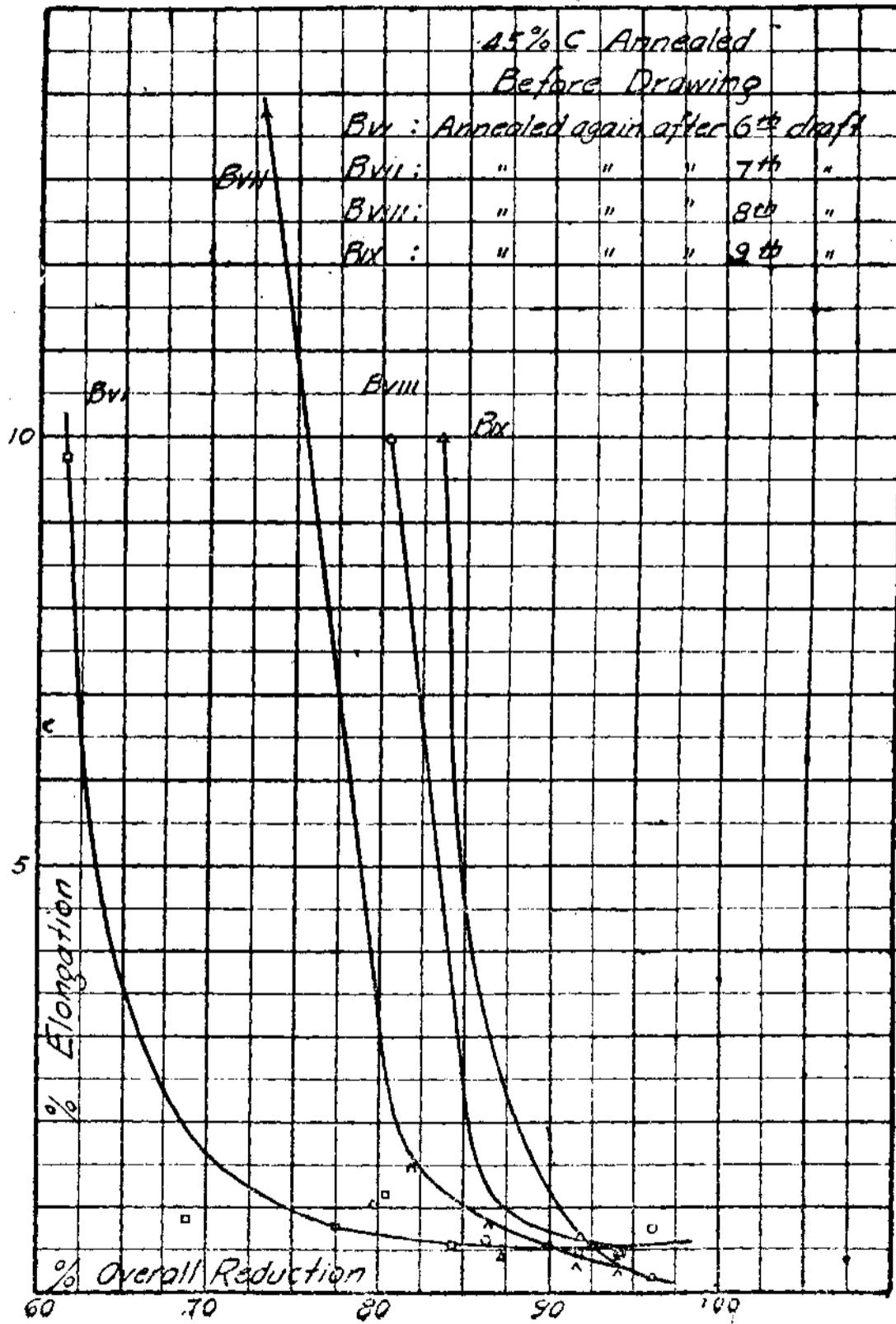


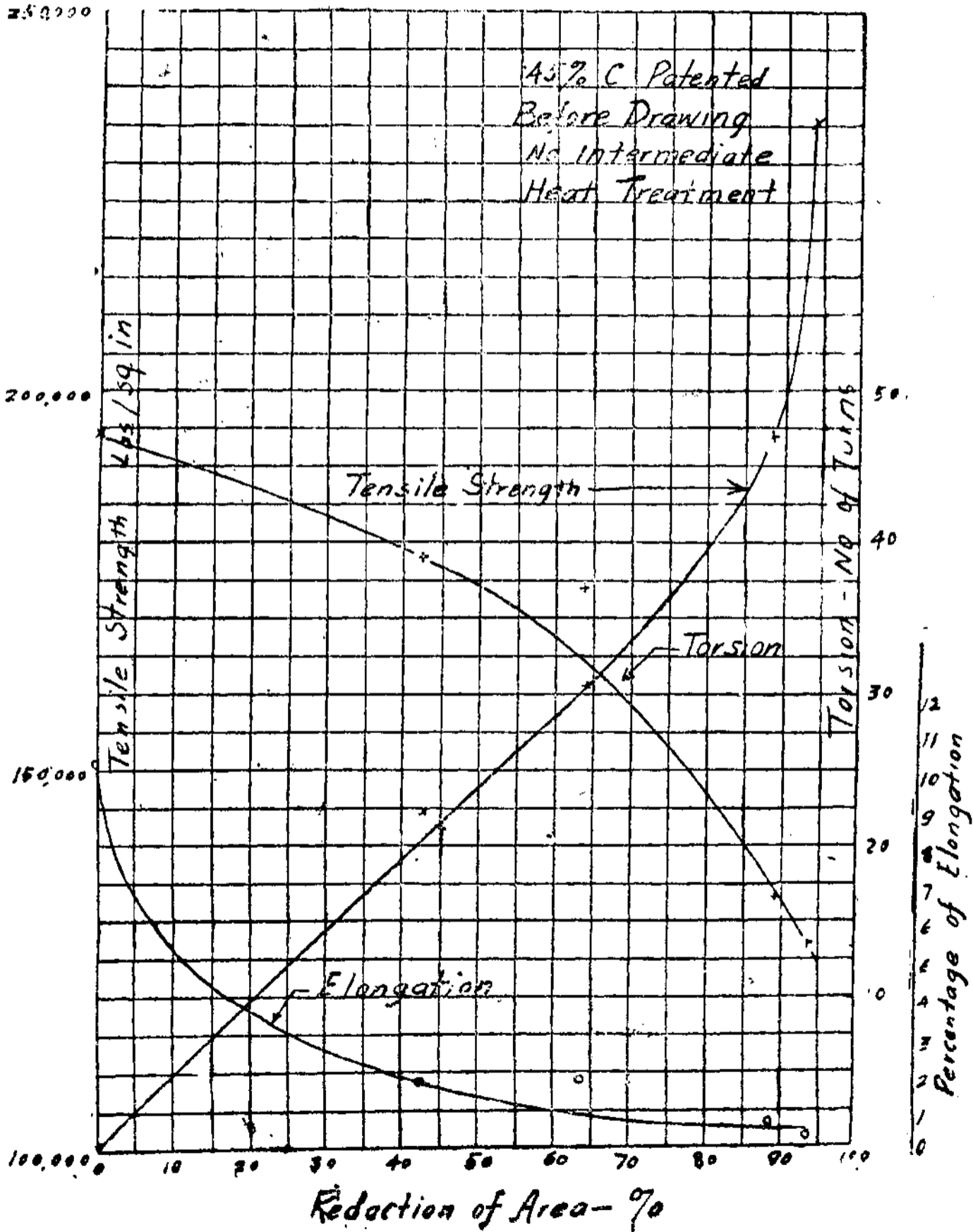


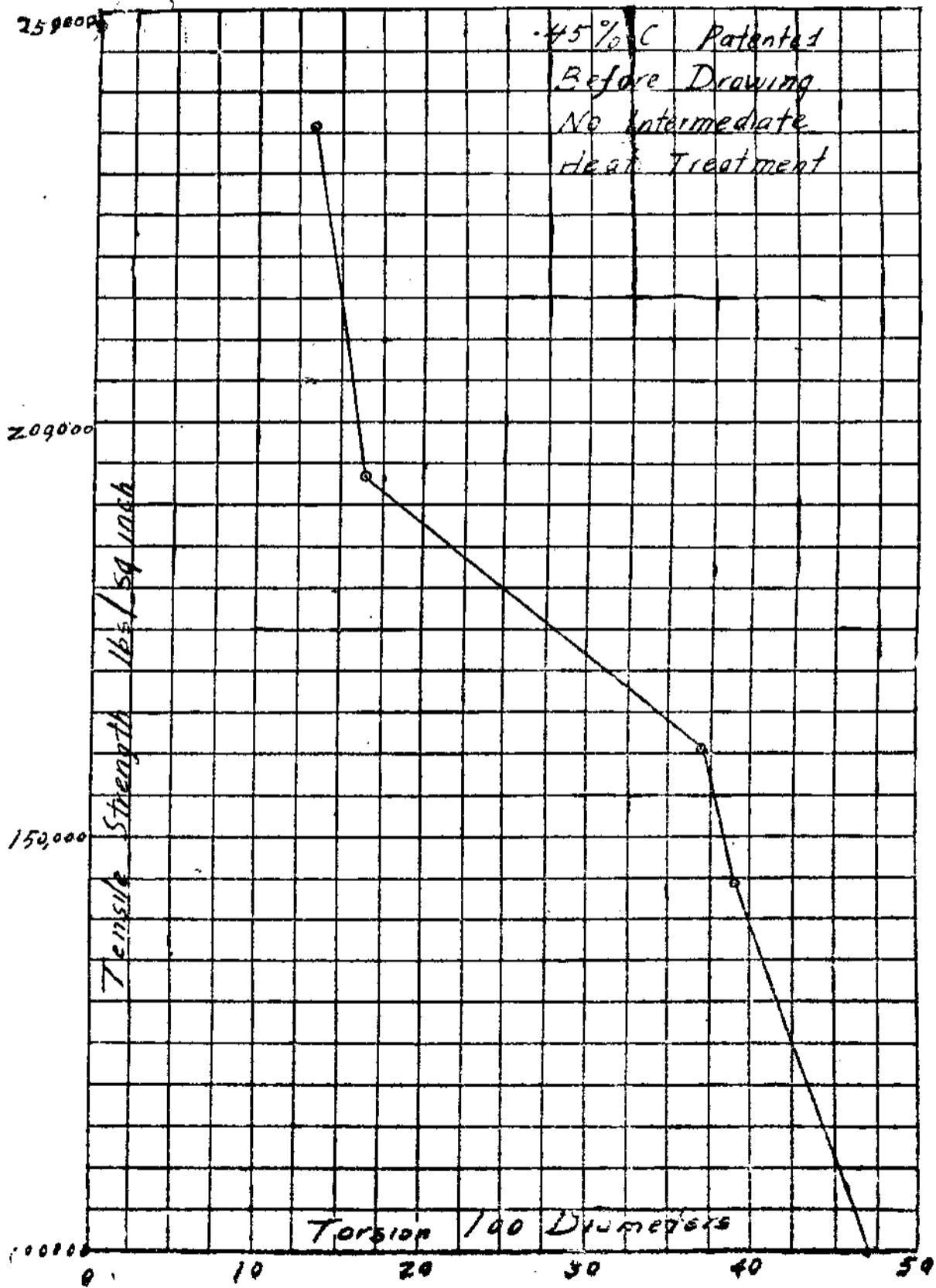


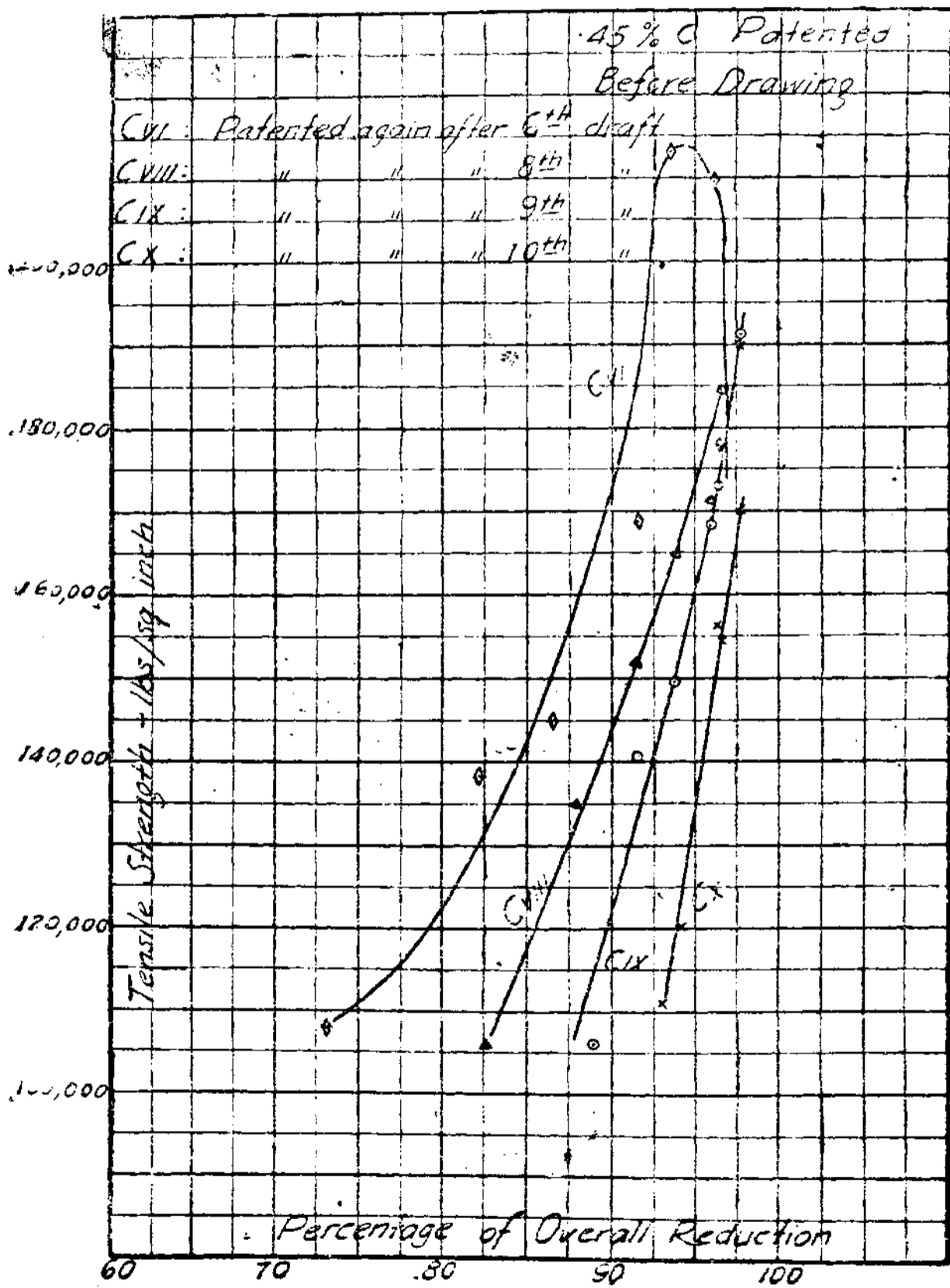


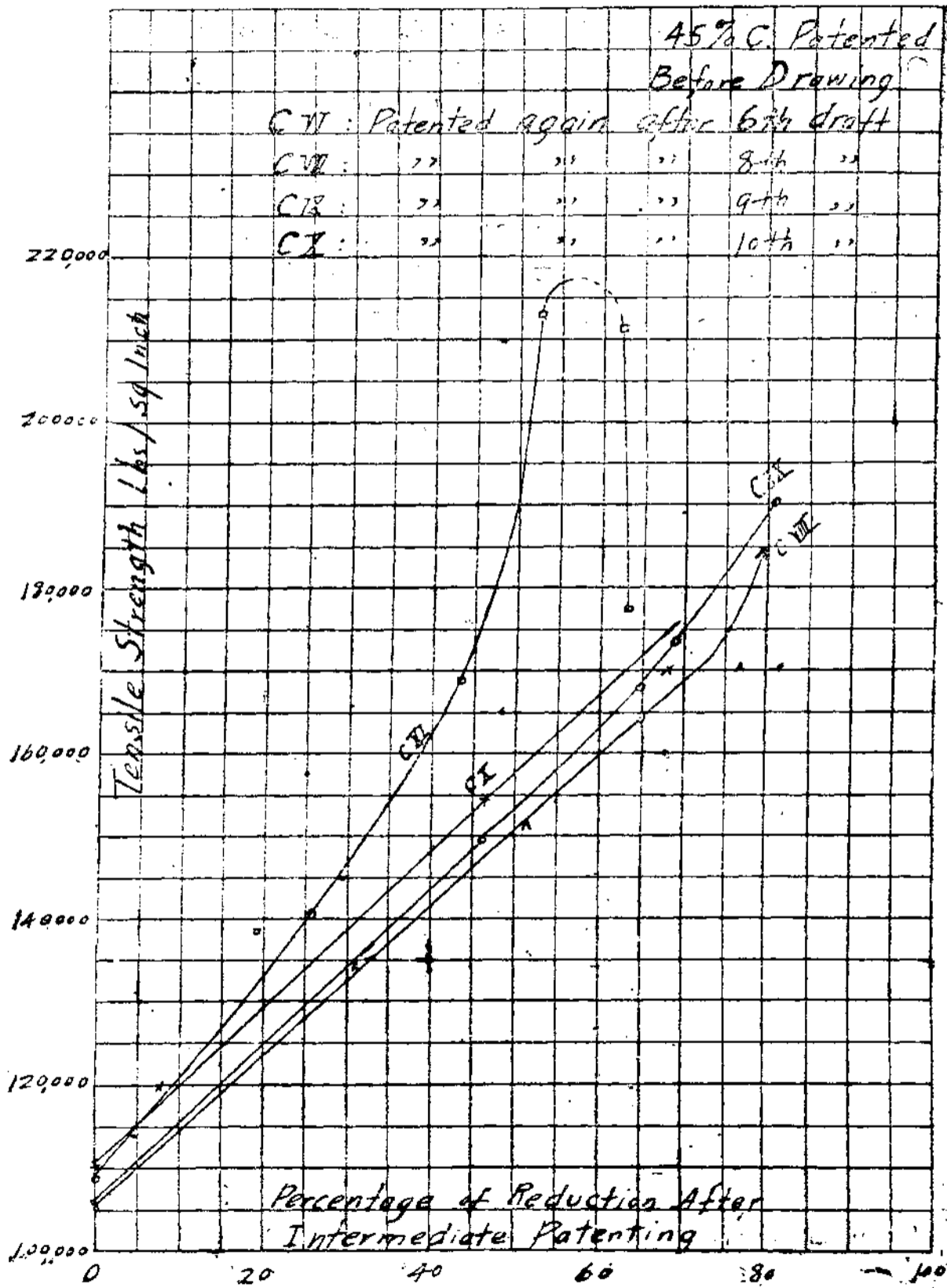


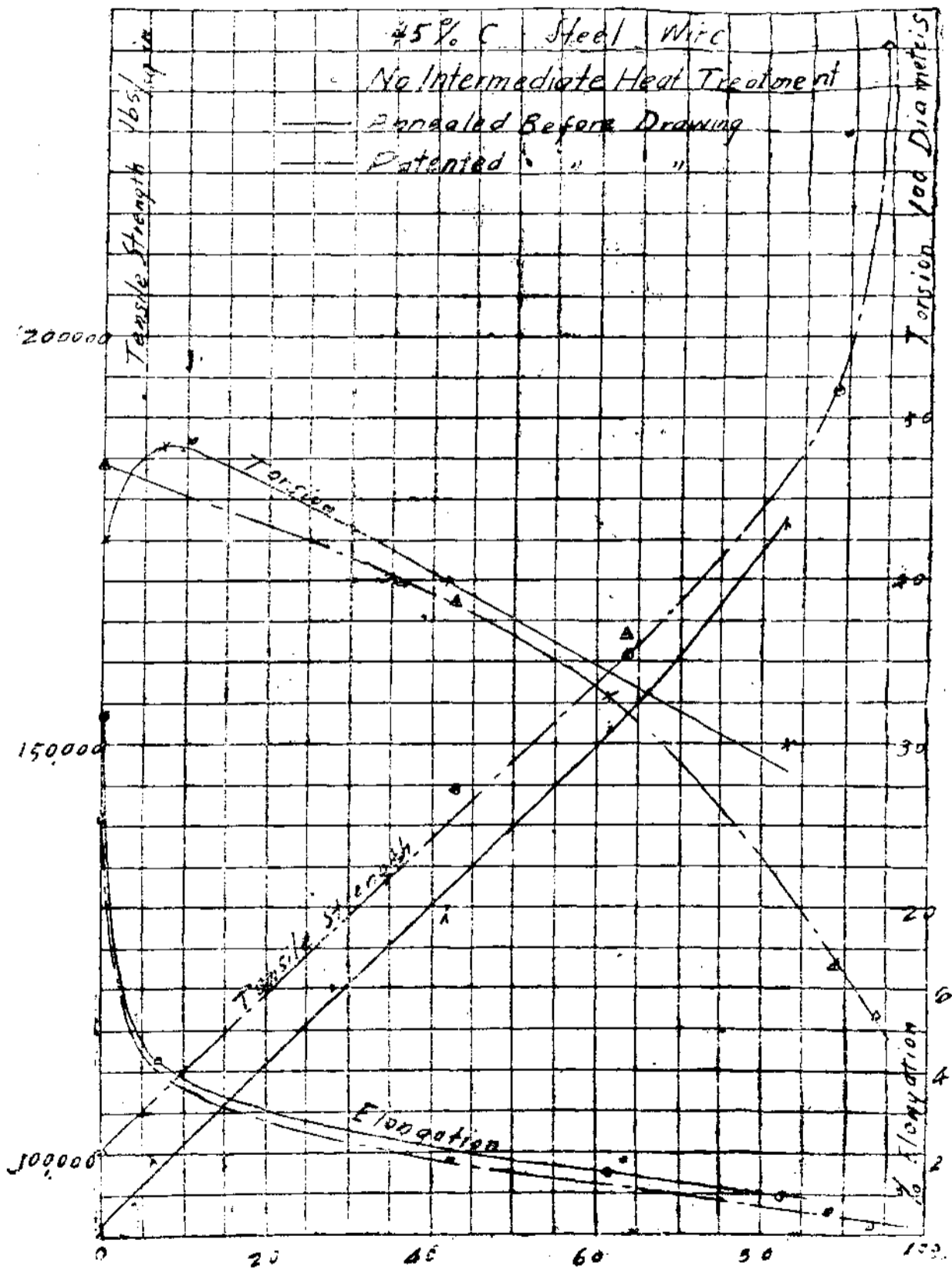












Discussions.

Plot #1. — The tensile strength curve shows that the tensile strength increases uniformly up to about 45% of reduction; the elongation curve shows that the drop in elongation is very rapid at first, but after 45% reduction, elongation decreases more slowly.

The torsion is supposed to be a measure of ductility; hence we naturally expect it to drop as the amount of cold work increases. But the torsion curve shows that, instead of this being the case, from zero to 40% reduction it increases slightly, before it begins to drop. The same phenomenon is seen in plot # 6 for 0.45% C., annealed before drawing. This peculiarity may be explained as follows:—

The torsion at any point is the resultant of two factors: the increase in brittleness tends to decrease it, while the “skin effect”, or skin tension on the circumference of the Wire, produced by squeezing the wire against the walls of the die, tends to increase it by preventing shear to take place at the circumference. Right after annealing, the brittleness factor is at its minimum, of course; after reducing the wire to about 45%, the brittleness factor increases, but, at the same time, the skin effect also becomes of importance. This being the first draft, the increase in brittleness is more than counter balanced by the skin effect, and, as a result, the torsion increases instead of decreasing. This explanation is

supported by the following short experiment:-

We polish off the skin of two other samples of B1 (see Table #3, and Plot #6) for about two inches in length and test them for torsion, which come out to be 37 and 38, respectively, the break taking place in both cases at the polished portion. The difference in diameter between the original and the polished portion is made very small, so that it will not affect the torsion appreciably.

Comparing the average torsion number of $37\frac{1}{2}$ with 54 for the original, and noting that the torsion number even for B3 (see Table #3) is greater than $37\frac{1}{2}$, the effect of the "skin" on the torsion is evident.

In the torsion curve in plot #11 there is no such peak as in Plots #1 and #6. This is most likely due to that after patenting the grains are not so soft as after annealing with the result that the "skin effect" produced by the draft is not great enough to counter-balance the increase in brittleness.

Plots #3 and #5 are made to answer such a question as follows:-

Given a wire of .110" in diameter, we are asked to reduce it to .028". The problem is: at which draft should the wire be annealed in order to secure the best results in tensile strength, elongation, and torsion, or to meet certain specifications.

Plot #3 shows that AVIII gives greater tensile strength than

AX or AIX with the diameter of the wire equal to .028", which is what we should expect, since the treatment for AVIII gives the wire more drafts after annealing than that for AX or AIX. Plots # 5 shows that the Percentage of elongation for AVIII compare favorably with that for AX or AIX. Since, as far as t, s, and elongation are concerned, the treatment for AVIII is the best of the three; but if torsion is of importance, we have to make another plot for it and take that into consideration. If the finished size of the wire is 0.030", for instance, it can be determined, of course, in a similar manner which of the three heat treatments is the most desirable; and, if we rate t, s., elongation, and torsion with definite ratios, or if we fix the lower limit for each, we can reach more definite conclusions as to which of the three methods is the best.

Plot #2 is a combination of t, s, and torsion curves in Plot # 1. It combines two of the most important properties in a wire and presents to the reader very vividly which draft is desirable and which not; for instance, the 1st draft is very desirable, since both t, s, and torsion increase, while the second increases t, s, at the expense of torsion and hence is not necessarily desirable. It depends upon the relative importance of t, s, and torsion and their specifications as to which draft being the most desirable point to stop drawing.

Plot #4 shows the effect of cold work upon t.s., after the wire has been fully annealed. By comparing it with Plot #1, we see that the t.s. at no reduction is almost the same in both cases and that the rate of increase in t.s. is also nearly the same. These two points are better illustrated in plots #6 and #9 for the 2nd set of experiments. This means that, except the case when the wire is over-drawn, annealing relieves all the effects of previous cold work which is, of course, in conformity with the accepted theory of heat treatment.

Plot #6.—The t.s. curve shows that the t.s. increases at practically uniform rate (within the limits of the experiment) with the amount of cold work, with a total increase of about 84,000 lbs. per sq. in. for a reduction of 83%. The elongation curve drops very rapidly from zero to about 10% reduction but from there on decreases gradually. The general tendency of the torsion curve is to drop gradually except a sudden increase from the initial to the second point, which is, as already explained in connection with Plot #1, due to the "skin effect" of the wire.

Plot #7.—The general nature is the same as in Plot #2. If a higher t.s. is to be desired not at the expense of torsion, about 30% is all that can be reduced.

Plot #9.— This plot shows that the effect of previous cold work has all disappeared after annealing as already noted in conn-

ection with Plot #4.

Plots #8 & #10.— These two plots are made with the same object in mind as Plots #3 & #5.

Plot #11.— In the t.s. curve, the rate of increase is uniform up to about 62% reduction at approximately 1,000 lbs. per sq. in. for every 1% of reduction; but with further reduction, the increase is more and more rapid, the rate being about 12,000 lbs. per sq. in. for every 1% of reduction near the finished size of the wire. The torsion decreases gradually with the increase of reduction, while the elongation curve drops down quite rapidly at first.

Plots #13 & #15.— the interesting feature in Plot #13 is that the t.s. of CVI increases to a maximum value at about 94% of reduction and then suddenly drops down. This means that a wire patented at one particular stage cannot be drawn beyond a certain % of reduction, because the grains are already so elongated that, if drawn any further, they will suffer a break-down in the internal structure, as shown by curve CVI. But if the size of the wire is still too big and further reduction is necessary, it has to be patented again before being subjected to further drawing; and if at that critical draft, the desired size of the wire is reached, the wire has been patented too early, as shown by the fact that no such defect occurs in CVIII, GIX, and CX curves. The t.s. for CX, however, is rather low at the finished size of the wire. Hence,

The intermediate patenting should be carried out after the 8th or 9th draft.

In Plot #15, the general nature of the elongation curves is same as those in Plot #10 for annealed wires, although, at first few drafts, the elongation of the annealed wire is much greater than that of the patented. This difference is due to the fact that the material is more ductile when annealed, because of the pearlitic structure, than when patented, because of the sorbitic structure. It should be noted that the elongation of GVI increases at about the same time as its corresponding drop in t.s. due to overdrawing.

Plot #14.- This plot is very much like Plot #9, except some peculiar feature in curve CVI, where The t.s. after reaching a maximum somewhere between 53% and 60% of reduction, suddenly drops down. The wire is overdrawn due to that the ratio of tension to compression, exerted by the die is too big: there is some incipient rupture and the density actually decreases.

Plot #16.- This plot gives the comparison between annealed and patented wires, containing 0.45% C. As we may expect, the t.s. is higher for the patented wire than for the annealed, while torsion and elongation are lower. One important point to note is that the patenting treatment makes possible further drawing than annealing: the annealed sample breaks at 88.2% of reduction,

while the patented does not break until 93.2%. The torsion curve for the annealed wire has a peak while that for the patented has none; but this has already been explained in connection with Plot #1.

Conclusions

From the discussions preceding, we may draw the following general conclusions:—

(1). That the low carbon steel wire can stand heavier drafts than the medium or high carbon steel wire.

(2). That there is a proportionality between tensile strength and the percentage of reduction of area until a critical point is reached, beyond which the tensile strength increases more and more rapidly.

(3). That, generally, torsion decreases with increase of cold work, but, sometimes, due to the "skin effect", it increases with the first or second draft before it begins to decrease.

(4). That intermediate annealing relieves all the effects of previous cold work, provided, of course, the wire has not been overdrawn.

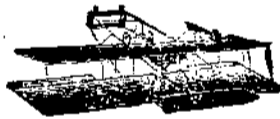
(5). That the most desirable stage for intermediate heat treatment is not at the breaking point, but at one, two, or three drafts earlier, depending upon the particular conditions.

(6). That the patenting process permits more cold work than

the annealing process.

(7). That with the same amount of cold work, the patented wire has greater tensile strength, while the annealed has greater ductility.

(8) That there is a critical point beyond which the wire will be overdrawn and ruined.



北平清宮三殿參觀記

劉 敦 楨

民國十八年暑假率領建築工程科四年級學生，滕熙，劉寶廉，姚祖範，顧久衍，錢湘壽，楊光照等六人考察山東河北等處古代建築物，前後歷程四十餘日，本文係日記中之一部分

七月二日抵北平，寓青年會。

北平之沿革及城郭之變遷 北平名稱，歷代屢易，周時曰燕曰薊，秦曰上谷，漢曰廣陽，自魏晉迄唐曰薊州，五代時曰幽州，編併於遼，稱南京或燕京，其城因唐薊州城之舊，稍擴大之，在今北平城之西偏及西郊一帶，宋初曰燕山府，金曰中都，元滅金，自塞北遷都於此，改名大都。元世祖至元間，於金故城之東北，另築新城，明洪武初，改稱北平，縮其城之北部約五里，永樂北遷，更名北京，拓延南面之城約二里，即今之內城是也，明嘉靖末年，復於內城之南，營外城東西廣而南北狹，即今北平之外城，清繼明統，一仍明都之舊，惟時加修葺耳，北平城郭之變遷，可資稽考者。約略如此。

清宮之沿革 清大內之位置，係襲用明宮故址，按明成祖初封於燕其藩邸即元之故宮，永樂十五年，始於舊宮之東里許。另營皇城，周三百二十二丈，正門曰大明門，南向，門內東西掖門二，曰東西長安門，次承天門，紫禁城之正門也，次端門，次午門，次皇極門，次皇極殿。明之正殿也，次中極殿，次間極殿，與皇極殿合稱外朝三殿，以上為明宮中央部分

之概狀，亦即明大內最重要之部分，清自關外入主中華，其初無暇將作，雍乾以降，雖有營造，大都內庭宮苑，或離宮別館之屬，如甯壽宮，三海，圓明園，避暑山莊等是已，其於大內中央部分則一仍明宮之舊，惟時加修繕，或更易一二名稱而已，茲將明清二代宮殿名稱之異同表列如次：

明代名稱	清代名稱
大明門	大清門
承天門	天安門
端 門	端 門
午 門	午 門
皇極門	太和門
皇極殿	太和殿
中極殿	中和殿
建極殿	保和殿

天安門、門在東西長安門之北，南向，與中華門（即明之大明門，清之大清門。）相對，丹壁巍峨，下闢五門，上建重樓，備極莊嚴富麗，門外疏水為渠，列白石橋七，中央五而東西兩端各一，號金水橋，橋南列華表二，石獅二，橋北石獅二，門內復有華表二具，均白石製，鐫刻甚精，惟華表之雲龍圖案，頗呆板纖弱，不及昌平明十三陵華表之豪放雄偉耳。

端門 自天安門北進，中為御道，左右朝房夾對，其北為端門，建築之制，與天安門同，惟無金水橋及華表耳，門東為太廟，西為社稷壇，（今改中山公園）蓋以周制左廟右社為圭臬也。

午門 端門內復有御道及朝房，其北為午門，門建於丹闕上，作凹字

形，中央之壁約厚一百二十呎，左右二翼約厚八十五呎，高約四十呎，凹入部分，東西約三百八十呎，南北三百五十呎。門樓建於丹壁之中央，下闢三門，樓東西九間闊一百八十呎，南北五間，深七十五呎，重檐四注，覆以黃瓦，其左右有二短廊，東鼓西鐘，供朝覲之用，廊左右有東西二閣，五間重檐，各方六十呎，自此南進，左右有長廊十三間，東西相對，各長一百九十五呎，廊之南端，復有二閣，其形與前同，以上一樓四閣，聳峙丹壁上，故又有五鳳樓之稱，樓現改為歷史博物館，所藏漢墳墓模型，朝鮮樂浪墳墓模型，唐昭陵石刻拓本，宋壁畫殘片，清曲阜大成殿模型，及歷代尺度模型等，均極名貴。

太和門、午門北，復有廣場，場內御溝作弓形，自東退西，宛若玉帶，中央列白石橋五，其北為太和門，門建於白石臺上，高約十二尺，前後陞三出，陞前列銅獅二，日圭嘉量各一，製作極精巧，門東西覆九間，闊一百九十五呎，南北四間，深六十七呎，中闢朱門三，上覆重檐四注，與午門同制，門左右長廊迤亘，南臨廣場，廊之中央，復有照德貞度二門，分列東西，均五間單檐，前後陞一出。

廣場東西有二掖門，東曰協和，通文華殿，傳心殿及東華門，西曰熙和，通西華門及武英殿，敬恩殿，(殿後有營造浴室一所，覆以圓頂，Dome, 俗稱香妃浴室，)以上諸殿，現陳列清宮字畫古玩，歸古物保存所管轄

太和殿、自太和門北進，復經大廣場，其深較午門內之廣場約增三分之一，場中央為御道左右羅布建築物多所，以東之體仁閣及西之弘義閣較大，(均雙層四注)其北為太和殿。

殿建於三層壇上，每層繞以欄干，均白石構成，第一層高十一呎六吋，第二層高六呎，第三層高五呎五吋，而殿本身之臺座，復高三呎三吋，

故自廣場至殿面，共高二十七呎六吋，壇正面階三出，上下共列寶鼎十八，銅龜銅鶴各二，日圭嘉量各一，壇下部之臺座，不用蓮瓣為裝飾，其線條(Moulding)雕刻，均優美自然，與南京明孝陵同一手法，恐係永樂時舊物也。

殿東西十一間，闊二百零五呎九吋，南北五間，深一百零一呎五吋，高約十一丈，重檐四注，備極莊嚴，其第一層之科棋係六鋪作，第二層七鋪作，每組科棋間之距離，自三呎至三呎一吋半不等，內部天頂，普通用四方形之藻井，推中央寶座上，則於八角形內，斜配四角形二重，次為小科棋，次為圓形，中垂寶燈，頗富麗堂皇，按太和殿重建於順治二年，重修於康熙三十四年，故其細部裝飾，適居明末建造之中和殿，與嘉慶初年重建之乾清宮二者之間，足資建築史上之參考也。

太和殿左右兩側，亘以長垣，闕中左中右二門，外觀極呆板而乏變化，殊為美中不足，倘易以走廊如太和門兩側之狀，不但玲瓏宏麗，且收聯絡統一之效矣。

中和殿、殿在太和殿北，即明之中極殿，五間單檐，黃瓦金頂，其平面為正方形，每方闊六十九呎二吋，南北階三出，東西階一出，凡祭祀視祝版，耕籍視五穀農具均於此，科棋之間隔，頗不一致，分二呎七吋，二呎十吋，及三呎三種，腕木(Bracket)之意匠，較清宮任何一處為佳，按殿建於明天啓七年，乾隆三十年重修，殆尚存明代建築之遺範歟。

保和殿、殿即明之建極殿，在中和殿北，乾隆三十年重修，殿東西九間，闊一百五十三呎五吋，南北五間，深六十八呎四吋，重檐四注，第一層科棋五鋪作，第二層六鋪作，每組科棋之間隔約二呎八吋，殿前後階三出，左右連以長垣，闕後左後右二門，與太和殿兩側同，自殿以南，為

明清二代之外朝，殿北爲內朝，故以長垣隔離之，殿北崇基列陛，與殿遙相對峙者，卽乾清門，內朝之正門也，

以上爲清宮外朝之大概情狀，亦卽清宮最重要部分，茲就參觀所得，將優劣各點，分別如次：

(甲)優點

- (1.)全部平面配置，(Plan)取均衡對稱之式，且尺度(Scale)甚大，故外觀整嚴雄壯，令人見之不期敬肅，
- (2.)建築物建於白石階臺上，或冊壁上，建築物愈大，其階臺亦愈高，故外觀極安穩(Stable)，
- (3.)屋頂形狀，視建築物之性質而異，建築愈莊嚴、屋頂愈簡單，如太和殿是已。
- (4.)朱色之精壁及柱，與黃色之瓦，雖均富有刺激性之原始色彩(Primitive Colour)然襯以青色天空，極爲調和，若易以他色，恐不能獲如是優美之印象也。
- (5.)中國宮殿建築之屋頂斜度(Roof Pitch)，大部在四十度至四十五度之間，故建築物之平面(Plan)，宜長而不宜方，大抵縱與橫約成三與一或五與二之比，否則屋頂過高，有上重下輕之弊，北平諸宮殿，關於此點，頗具匠心，

(乙)缺點

- (1.)平面配置(Plan)乏變化。
- (2.)中國建築係聚合多數長方形之建築物於一處，若無走廊聯絡，易生支離漫亂之弊。如太和殿是也。
- (3.)各建築物之骨架(Frame)，及欄干，窗格彩畫等，千篇一

律，反覆抄襲無變化及意匠可言。

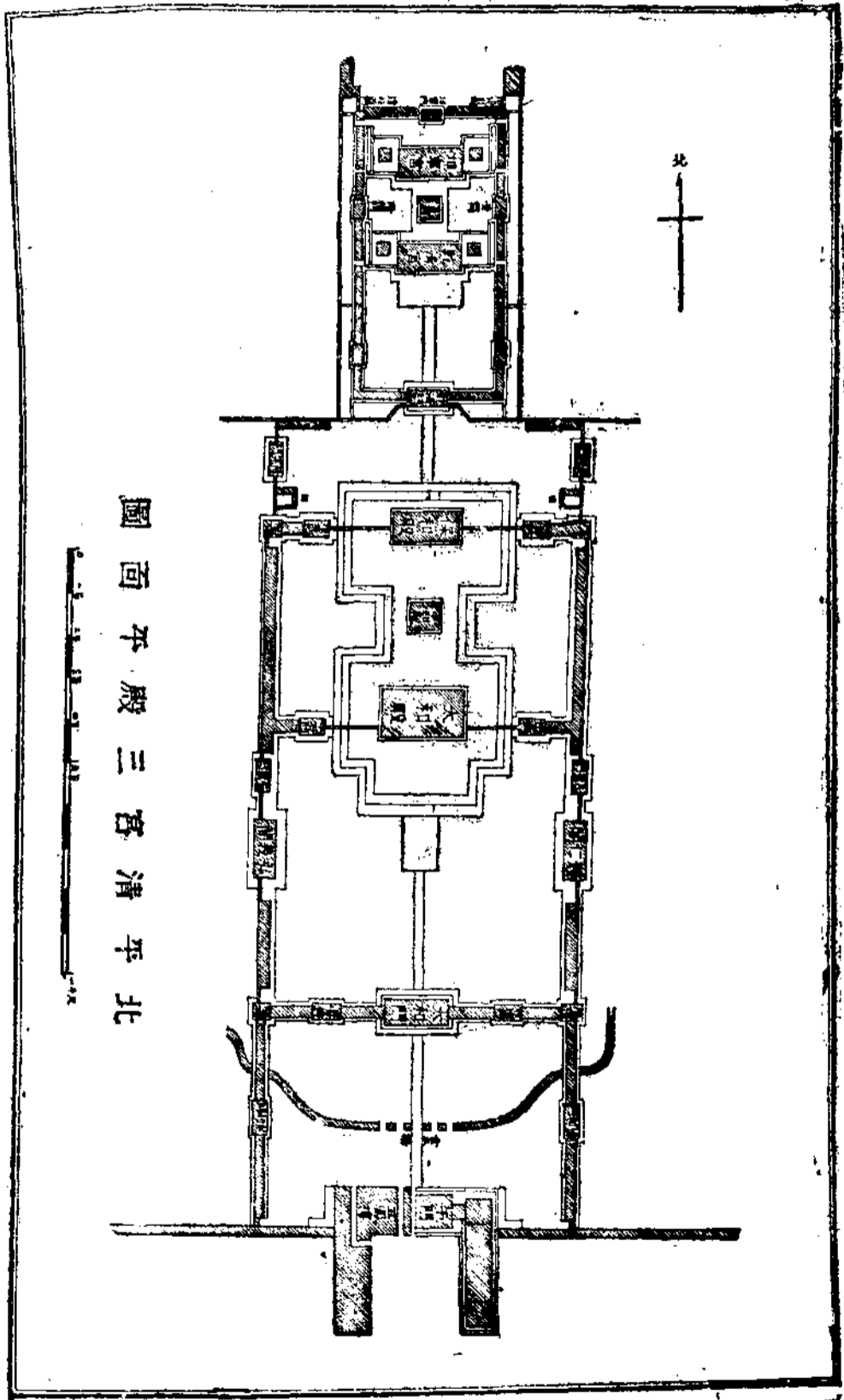
- (4.) 構造方面，弱點太多，如太和殿中央之柱，其中距 (Span) 爲二十八呎，而柱之直徑不及四呎，故構造及外觀均極細弱無比例 (Pro portion) 可言，他如廊檐承科棋之樑，亦往往向下彎曲，蓋一切樑柱，不問中距之大小與載重之多寡，恆取同樣尺寸，以致生此結果
- (5.) 三殿之科棋，其間隔小者僅二呎七吋，大者亦不過三呎，與建築物全體不能調和，似不及宋以前科棋比例之佳，且科棋過小，支力薄弱，故屋角往往下垂，
- (6.) 柱與柱之間，其科棋甚小，而柱上承樑之科棋獨大，故外觀參差不齊
- (7.) 彩畫之濫用，恐無出宮殿建築之右，一切木料，全爲彩畫所蔽，而彩畫之施工極潦草，易於剝落，至於色之配合，過於複雜而帶刺激性，尤須根本改良。
- (8) 藻井小而淺，不能與全建築物調和，且藻井內部之彩畫，拘板乏變化。
- (9.) 欄干之下部用實心石板，似欠玲瓏。
- (10) 階台之蓮瓣雕刻，及其他線條 (Moulding) 乏優美曲線。
- (11) 樑兩端之腕木 (Brackets) ，除中和殿外，其比例過長，外觀甚纖弱，幾失去腕木 (Brackets) 本身之意義，又下部雖一科棋形，尤無意味，此雖小節，亦可見明清二代建築之優劣矣。
- (12) Gable 向內凹入甚少，不玲瓏，且三角形內用環形及帶狀裝

飾，似過于呆滯，不及古代用虹樑科拱及垂魚之佳。

(13) 樑上承科拱之平板，均較樑稍窄。與古法凸出者相反，此非改良，直改惡耳。

(14) 樑上之託座，係古代蜀柱遺制，唐宋二代皆于駝峯上置科拱，以承上部之樑如唐燉煌石刻，及宋李明仲營造法式所載，均上削下廣，故外觀極穩固 (Stable) 太和殿內部樑上之託座，則於科拱上添一橫枋，其長度超過下部駝峯一倍以上，不但外觀呈上重下輕之弊，且亦違背構造原理，蓋下削上廣，則上部重量集中於一點，致下部之樑，易於彎曲也，

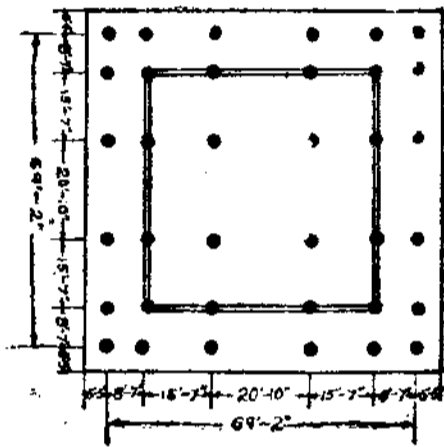




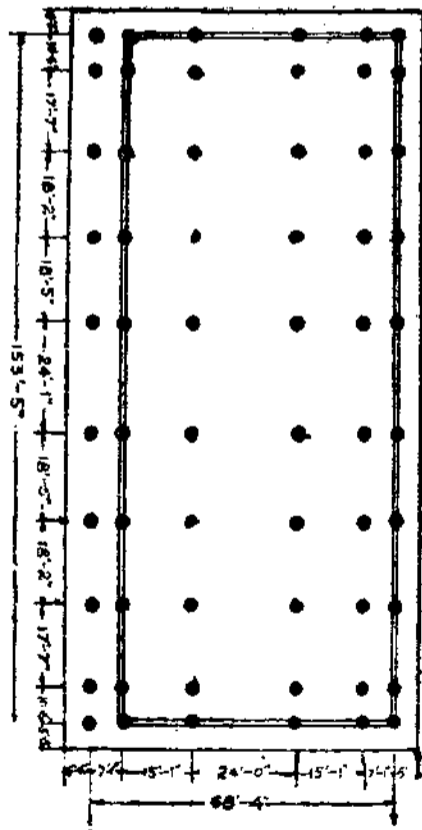
北平宮殿三宮平面圖



中 和 殿 平 面 圖



保 和 殿 平 面 圖



偏光彈性學概說 (Photo-elasticity)

陸 志 鴻

材料力學上諸理論計算式多根於假定。力之分布實況未必與理論全符合。且複雜內力之作用如有孔板，推進器，齒輪等等諸問題理論計算甚難。勉強應用半理論之式設計時，終覺未可完全信賴。最近倫敦大學 Coker 氏應用偏光彈性學，將透明等方體 (Transparent isotropic body) 作成模型，加以種種之力，由寫真色像計算各點內力之分布。因之諸複雜問題均可解決。爰介紹之，以明材料力學最近之進步也。

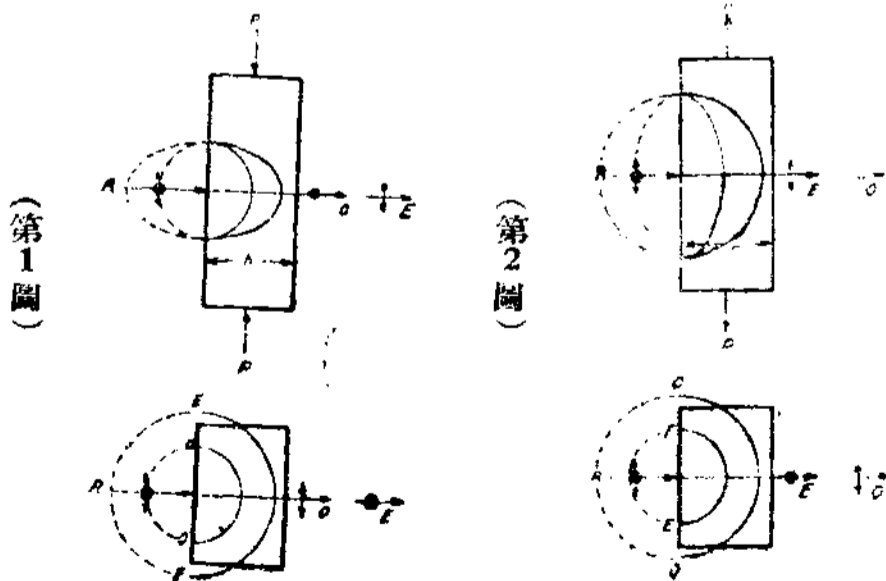
第一章 總說

1. 偏光彈性學之歷史 偏光彈性學之光學理論實始於距今百二十年前(1811)Arago氏之發見。彼於雲母片上投射。平面偏光，其透過光線再通過方解石，則呈美麗之色。其重疊部為白色，而兩透過光線互為補色。其後1816年英國物理學者 Brewster 氏就玻璃等透明等方體 (Transparent isotropic body) 上使生內力，則成臨時結晶體 (Temporary crystal) 而起臨時複屈折 (Temporary double refraction) 之現象。以偏光器考查之則天然光分成振動於內力方向及其直角方向之二個平面偏光，兩者之色互為補色 (Complementary Colour)。彼以厚 0.28 吋，長 2.5 吋之玻璃柱插入偏光器間，視野不生變化。但以螺旋裝置加以壓縮，則最初視野變淡黃色，外力增加漸變橙色。內力方向及其直角方向為消光位置， 45° 方向為對角位置。其後 F. E. Neumann (1841), clerk Maxwell (1850), M. G. Wertheim (1854), 及 John Kerr (1888)

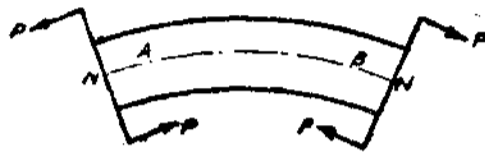
等相繼應用此現象而研究內力分布。巴里國立研究所 Mesnager 教授就一長 310 呎鐵筋混凝土橋，用玻璃製成模型實驗之，知兩者中內力分布狀況幾相一致。及 1910 年倫敦大學機械工程科主任 Ernest George Coker 教授用 Celluloid (較玻璃有三倍之複屈折力，且易於製模型) 為材料，行多數應用實驗，載於 1920 至 1921 年間 General Electric Review, 及 Journal of the Franklin Institute, Oct, 1923 與 Proceedings of the Institute of Mechanical Engineers, oct, 1926, p.897 等雜誌上。現今用 Bakelite 及 Phenolite 為模型材料，較 Celluloid 有五倍之複屈折力。

距今三十年前 prof. Silvanus Thompson 用雲母之 $\frac{1}{4}$ 波長板 (Quarter wave plate) 置於偏光子 (Polarizer) 出口及檢光子 (Analyzer) 入口，變平面偏光 (Plane polarized light) 為圓偏光，(Circularly polarized light) 對於偏光彈性學上得更進一步之實驗。

2. 內力種類與複屈折性質 沿玻璃注長軸加壓力P(第1圖)



第3圖



，而使普通光R 垂直投射於平行於長軸之一表面上。因複屈折而分成二平面偏光E,O。兩偏光在玻璃內速度均較無外力時為小，但通常偏光 (ordinary ray) O。較異常偏光 (extraordinary ray) E減小更大。故玻璃因壓縮而變成單光軸體中之負結晶，其光軸方向與外力方向平行。反之，玻璃若受拉力，則偏光在玻璃內速度較無外力時增大。而異常光綫較通常光綫之速度小。故玻璃受拉力，變成單光軸體中之正結晶，其光軸與拉力方向平行。(第2圖)

第3圖玻璃 AB 兩端加偶力使彎曲時，上部受拉內力，下部受壓內力。中央中立面 NN上無內力。故投射以偏光，其像在中立面處有黑線，上下部呈白，黃，橙，赤，紫，藍，青，綠等色。因偶力增加成第一二三四各層之色。上部為正結晶，下部為負結晶。

3. 內力強度與複屈折力 前節所述透明等方體受壓內力時，通常光線速度在物體內較異常光線速度遲慢。反之受拉內力時異常光線遲慢。此二者之相對遲度 (Relative retardation) 由實驗結果如下式。

$$J = C h (\sigma_1 - \sigma_2) \dots\dots\dots(1)$$

但 J = 相對遲度(單位為 10^{-8} cm)，

h = 透明等方體厚度，沿光之進行方向上測之，(mm)，

σ_1 及 σ_2 = 光之投射點處直角作用於光進行方向上之最大及最小主平

面內力 $\left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}\right)$ (Principi stress)

C = 由透明等方體材質及使用光線波長而定之係數，稱偏光彈性係數 (Photoelastic Constant)，或內力光係數 (Stress-optical Constant) 或 Brewster 係數。單位以 Brewster 表之。

今設 V = 空氣中之光速度，(Cm/sec)，

V_E 及 V_O = 加內力之透明等方體內異常及通常兩光線之主速度 (cm/sec)

N_e 及 N_o = 等方體受內力差 $\sigma_1 - \sigma_2$ 時，對於異常及通常兩光線之主屈折率，則

$$\begin{aligned} J &= \left(\frac{h}{V_E} - \frac{h}{V_O} \right) V \times 10^7 \\ &= h \left(\frac{V}{V_E} - \frac{V}{V_O} \right) \times 10^7 \\ &= h (N_e - N_o) \times 10^7 \dots\dots\dots (2) \end{aligned}$$

$$\text{由(1)及(2)得 } C = \frac{N_e - N_o}{\sigma_1 - \sigma_2} \times 10^7 \dots\dots\dots (3)$$

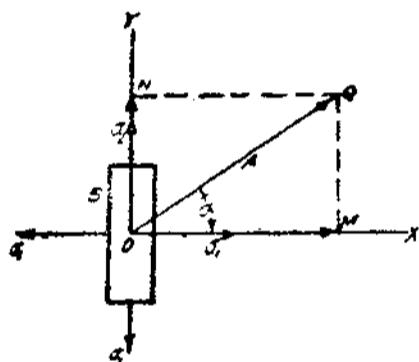
總括上之法則，知(1)透明等方體內拉力與壓力之偏光效果全相反對，其變化為臨時的。若內力強度在材料之彈性限 (Elastic limit) 以下時，除去內力，其偏光性質亦消除。(2)複屈折力與內力強度成比例。(3)複屈折力雖因光之波長而異，但實用上可視為相等。兩偏光之相對遲度以位相差 (Phase difference) δ 表之，則

$$\delta = 2\pi \frac{J}{\lambda} = 2\pi \frac{C}{\lambda} h (\sigma_1 - \sigma_2) \left[\text{radian} \right] \dots\dots (4)$$

故位相差與光之波。長成反比例。

4. 平面偏光。通過受平面聯立內力 (Compound stresses) 之透明等方體後之振動 第4圖振幅O, Q. 之單色平面偏光垂直投射於透明等方體 S (厚 h mm) 之面 (即紙面)。投射方向平行於Z軸。若無S, 則 t 秒後振動質點離Z軸之位置為

第4圖



$$A \sin \left[2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{z_0}{\lambda} \right) \right]$$

但 λ 為所用單色光之波長, z_0 為振動質點位相等於零時光之進行位置。即 $t=0$ 時位相為 $-2\pi \frac{z_0}{\lambda}$ 。若插入S, 光之進行設遲慢Z。

次設X方向有 σ_1 拉內力作用於S, 因

之生振動於X及Y方向之異常與通常兩偏光。其加速各為 Z_1^x 及 Z_1^y 。次

設Y方向有 σ_2 拉內力, 則X, Y 兩方向更各加速 Z_2^x, Z_2^y , 故振動於X, Y 方向之光較未插入S時, 各遲慢

$$Z - Z_1^x - Z_2^x \quad \text{及} \quad Z - Z_1^y - Z_2^y$$

而透明等方體因拉內力變為正結晶, 故

$$Z_1^y > Z_1^x, \quad Z_1^y - Z_1^x = Ch\sigma_1$$

$$Z_2^x > Z_2^y, \quad Z_2^x - Z_2^y = Ch\sigma_2$$

各以角度示之, 設 $\Delta = 2\pi \frac{2}{\lambda}$, $\Delta_1^x = 2\pi \frac{Z_1^x}{\lambda}$, $\Delta_1^y = 2\pi \frac{Z_1^y}{\lambda}$,

$\Delta_2^x = 2\pi \frac{Z_2^x}{\lambda}$, $\Delta_2^y = 2\pi \frac{Z_2^y}{\lambda}$ 。光通過S後, XY軸上之振幅各為

$$OM = A \cos \alpha, \quad ON = A \sin \alpha$$

二平面偏光之振動方程式各為

$$\begin{aligned} x &= A \cos \alpha \sin \left[2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{Z_0}{\lambda} \right) - \Delta + \Delta_1^x + \Delta_2^x \right] \\ &= A \cos \alpha \sin \left[2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{Z_0}{\lambda} \right) - \Delta_1 \right] \\ y &= A \sin \alpha \sin \left[2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{Z_0}{\lambda} \right) - \Delta + \Delta_1^y + \Delta_2^y \right] \\ &= A \sin \alpha \sin \left[2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{Z_0}{\lambda} \right) - \Delta_2 \right] \end{aligned}$$

若 $\delta_1 > \delta_2$ ，則 $\Delta_1 > \Delta_2$ ，今設 $\delta = \Delta_1 - \Delta_2$ 表兩者相對遲度 [公式 (4)]。若適當定基點位置，上二式可變為

$$x = A \cos \alpha \sin wt \dots \dots \dots (5)$$

$$y = A \sin \alpha \sin (wt + \delta) \dots \dots (6)$$

由此二式消去 $\sin wt$ 而求其合成運動軌道，得

$$\frac{x^2}{\cos^2 \alpha} + \frac{y^2}{\sin^2 \alpha} - \frac{2xy \cos \delta}{\sin \alpha \cos \alpha} = A^2 \sin^2 \delta \dots \dots (7)$$

此公式若 α, δ 為一定，表示橢圓曲線。故通過有內力作用之透明等方體之偏光一般為橢圓偏光。今設第 5 圖之 AB 橢圓即為此式。若相對遲度為 $\delta + (2n+1)\pi$ 則上式為

$$\frac{x^2}{\cos^2 \alpha} + \frac{y^2}{\sin^2 \alpha} + \frac{2xy \cos \delta}{\sin \alpha \cos \alpha} = A^2 \sin^2 \delta \dots \dots (8)$$

此橢圓設為 A, B, 則與 AB 對於 Y 軸為對稱。

若 $\delta = 2n\pi$ ，則 (7) 式為

$$\frac{x}{\cos \alpha} - \frac{y}{\sin \alpha} = 0 \dots \dots \dots (9)$$

此為沿 CD 振動之平面偏光。

若 $\delta = (2n+1)\pi$ ，則 (7) 式為

$$\frac{x}{\cos \alpha} + \frac{y}{\sin \alpha} = 0 \dots\dots\dots(10)$$

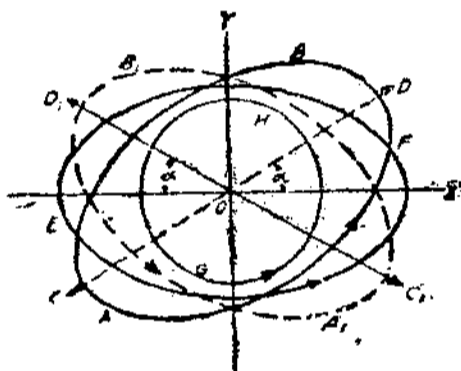
此為沿C₁ D₁ 振動之平面偏光。

若 $\delta = (2n+1) \frac{\pi}{2}$ ，則(7)式為

$$\frac{x^2}{\cos^2 \alpha} + \frac{y^2}{\sin^2 \alpha} = A^2 \dots\dots\dots(11)$$

此為以X,Y軸為主軸之橢圓EF。

第5圖



若 $\alpha = \frac{\pi}{4}$ ， $\delta = (2n+1) \frac{\pi}{2}$

則上式為

$$x^2 + y^2 = \frac{A^2}{2} \dots\dots\dots(12)$$

變為圓偏光。圖上以 GH 示之。此為偏光彈性實驗上最重要之偏光。

$\delta = \frac{1}{2}\pi$ 即 $J = \frac{1}{4}\lambda$ 之板曰對於該光之四分之一波長板 (Quarter

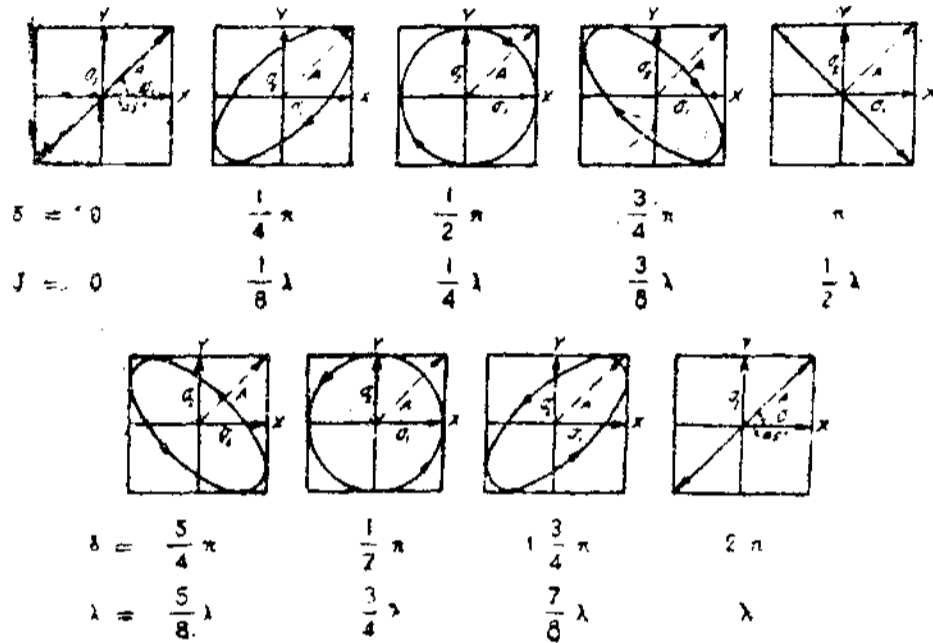
Wave plate)。第6圖 $\alpha = \frac{\pi}{4}$ 時將 δ 即內力強度種種變換時，示其合成偏

光之振動軌道及其旋轉方向。此時(5)(6) = 式為

$$x = \frac{1}{\sqrt{2}} A \sin wt \dots\dots\dots(13)$$

$$y = \frac{1}{\sqrt{2}} A \sin (wt + \delta) \dots\dots\dots(14)$$

第6圖



5. 四分之一波長板。以適當厚度之雲母作成四分之一波

長板代透明等方體S, 則通過之二平面偏光之合成軌道為

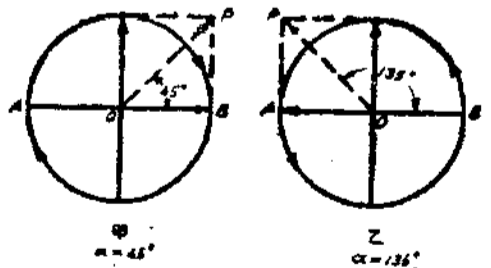
$$\frac{x^2}{A^2 \cos^2 \alpha} + \frac{y^2}{A^2 \sin^2 \alpha} = 1$$

今 $\alpha = 45^\circ$ 或 135° 則上式為

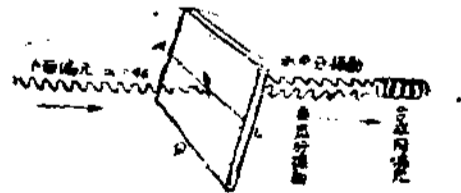
$$x^2 + y^2 = \left(\frac{A}{\sqrt{2}}\right)^2$$

而成圓偏光。第7圖示其合成。

第7圖



第8圖

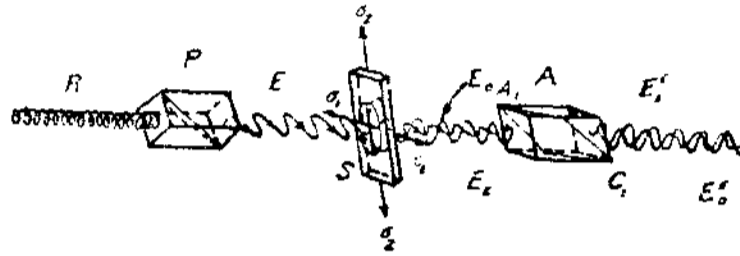


第8圖上示平面偏光通過四分之一波長板 Q 後變為圓偏光之分解。A

B 為波長板之主面與投射偏光方面成 45° 之傾斜。

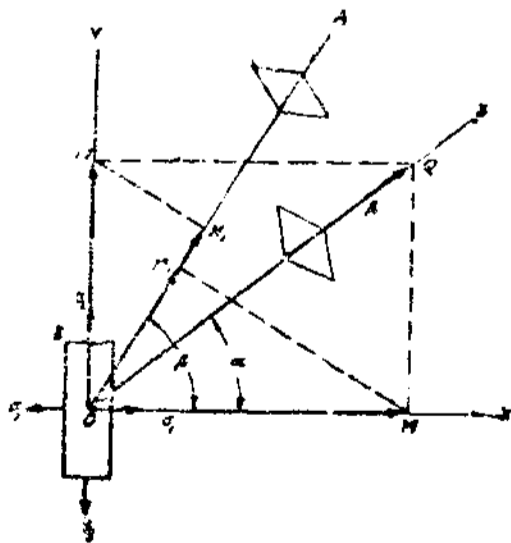
6. 插入二 Nicol 間之透明等方體 第9圖偏光子P及檢光子A間插

第9圖



入透明等方體板 S，其面使與 Nicol 軸垂直。由 P 左方送入鈉之黃色光 R 而由 A 右方視之則 S 之插入對於視野不生變化。然 S 上加平面聯立內力 σ_1 ， σ_2 ，其內力面與 S 板面一致。則通過 P 之異常平面偏光 E 當通過 S，後因內力 σ_1 ， σ_2 中任一者即生 E_e ， E_o 二偏光，一般合成爲橢圓偏光。但二聯立內力所生效果可視爲各單獨作用之二板相疊合時之效果。次入檢光子後， E_e 分成 E_e^E 及 E_e^O 但後者全反射於 $A_1 C_1$ 面，僅 E_e^E 可通過。 E_o 分成 E_o^E 及 E_o^O 但後者因全反射，僅 E_o^E 可通過。而通過光線 E_e^E 及 E_o^E 均振動於檢光子 A 之主面之平行方向。

第 10 圖



第10圖 OP, OA 各爲平行於偏光子及檢光子主面之方向。其與最大主內力 σ_1 (Maximum principal Stress) 所成方向各爲 α, β 。離 P 而向 S 之平面偏光 E 之振幅設爲 $OQ = A$ ，其振動方程式爲 $A \sin \omega t$ 。通過 S 而向檢光子 A 之 E_e 及 E_o 之振幅與

振動方程式 x, y 各為

$$OM = A \cos \alpha \quad x = A \cos \alpha \sin \omega t$$

$$ON = A \sin \alpha \quad y = A \sin \alpha \sin (\omega t + \delta)$$

但 δ 為 E_E 對於 E_O 之位相差，即

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} Ch (\sigma_1 - \sigma_2)$$

此二偏光通過檢光子 A ，成平行於 A 主面方向而振動之 E_E^E 及 E_O^E 二偏光。其振幅與振動方程式 U_1, U_2 各為

$$OM_1 = OM \cos \beta = A \cos \alpha \cos \beta$$

$$U_1 = x \cos \beta = A \cos \alpha \cos \beta \sin \omega t$$

$$ON_1 = ON \sin \beta = A \sin \alpha \sin \beta$$

$$U_2 = y \sin \beta = A \sin \alpha \sin \beta \sin (\omega t + \delta)$$

OM_1, ON_1 在同一平面振動，且在 O 之同側，而有同一週期。故合成振動方程式 U 即為兩者之代數和。故

$$\begin{aligned} U &= U_1 + U_2 = A \cos \alpha \cos \beta \sin \omega t + A \sin \alpha \sin \beta \sin (\omega t + \delta) \\ &= A [(\cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta \cos \delta) \sin \omega t + \sin \alpha \sin \beta \sin \delta \cos \omega t] \end{aligned}$$

設 $R \cos \phi = A (\cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta \cos \delta)$ ，

$$R \sin \phi = A \sin \alpha \sin \beta \sin \delta,$$

則 $U = R (\cos \phi \sin \omega t + \sin \phi \cos \omega t) = R \sin (\omega t + \phi)$

故合成振動亦為單弦振動，其位相為 ϕ 振幅為 R 。光之強度與振幅自乘成正比例。故出檢光子後光之強度 I 即視野之明暗度為次式

$$\begin{aligned}
 I &= R^2 = R^2 \cos^2 \phi + R^2 \sin^2 \phi \\
 &= A^2 [(\cos \alpha \sin \beta + \sin \alpha \sin \beta \cos \delta)^2 + (\sin \alpha \\
 &\quad \sin \beta \sin \delta)^2] \\
 &= A^2 \left[\cos^2 (\alpha - \beta) - \sin 2\alpha \sin 2\beta \sin^2 \frac{\delta}{2} \right] \dots (15)
 \end{aligned}$$

若檢光子於其軸之周圍迴轉 90° 時光之強度為 I_1 ，則上式 β 為 $90^\circ + \beta$ 故

$$I_1 = A^2 \left[\sin^2 (\alpha - \beta) + \sin 2\alpha \sin 2\beta \sin^2 \frac{\delta}{2} \right] \dots (16)$$

$$\therefore I + I_1 = A^2$$

今固定P及A之位置而旋轉S於Z軸之周，則 $\alpha - \beta$ 為一定。由 $\delta = 0$ 至 $\beta = 90^\circ$ 之間，

$$\sin 2\alpha \sin 2\beta > 0$$

故(15)式中光之強度因S而減小。由 $\beta = 90^\circ$ 至 $\alpha = 90^\circ$ 之間，

$$\sin 2\alpha \sin 2\beta < 0$$

故(15)式中光之強度因S而增加。

又由(15)式中內力強度與光之明度考察之，則 $\sin 2\alpha \sin 2\beta > 0$

而 $\delta = 2m\pi$ 即 $\sin \frac{\delta}{2} = 0$ 時光最明。即

$$I = A^2 \cos^2 (\alpha - \beta)$$

若 $\delta = (2m+1)\pi$ 即 $\sin \frac{\delta}{2} = 1$ 時視野最暗。

$$I = A^2 [\cos^2 (\alpha - \beta) - \sin 2\alpha \sin 2\beta]$$

又若 $\alpha = \beta$ 即平行 Nicol 間(15)式變為

$$I = A^2 \left(1 - \sin^2 2\alpha \sin^2 \frac{\delta}{2} \right)$$

故 $\alpha = 0^\circ$ 或 $\alpha = 90^\circ$ 時 $I = A^2$ ，S之插入對於光之明度無影響。

若 $\alpha = \beta = 45^\circ$ ，則 $I = A^2 \cos^2 \frac{\delta}{2}$ ， δ 為 $(2m+1)\pi$ 時視野暗黑。

若 $\alpha - \beta = 90^\circ$ 即直交 Nicol 間(15)式變為

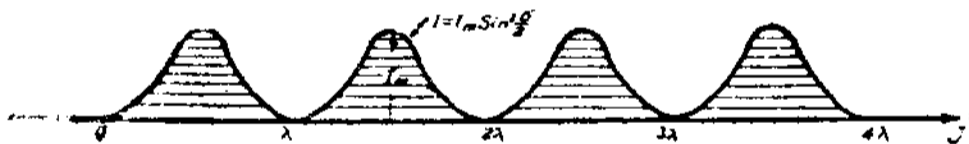
$$I = A^2 \sin^2 2\alpha \sin^2 \frac{\delta}{2} \dots \dots \dots (17)$$

故 $\alpha = 0, \frac{\pi}{2}, \pi$ 及 $\frac{3}{2}\pi$ 之四處，視野暗黑。此等曰S之消光位置。(Extinction position) 應用於偏光彈性實驗之第一段。 $\alpha = \frac{\pi}{4}, \frac{3}{4}\pi, \frac{5}{4}\pi$ 及 $\frac{7}{4}\pi$ 之四處視野最明曰S之對角位置，(Diagonal position) 若 $\alpha = \frac{\pi}{4}$ ，則

$$I = A^2 \sin^2 \frac{\delta}{2} = I_m \sin^2 \frac{\delta}{2} \dots \dots \dots (18)$$

第11圖示 I 與 δ 之關係曲線。 $\delta = (2n+1)\pi$ 即 $J = (2n+1)\frac{\lambda}{2}$ 時 I 最大。 $\delta = 2n\pi$ 即 $J = n\lambda$ 時視野最暗。

第 11 圖



故內力差自零漸增時，視野由黑暗漸明。 $J = \frac{1}{2}\lambda$ 時最明。 $J = \lambda$ 時再黑暗。至 $J = 2\lambda$ 時再呈第三次黑暗。此原理應用於偏光彈性實驗之第三段。

7. 前節中代以白色光源之結果 白色光源乃有種種波長，週期，振幅之無數單色光之集合。故(15)式變為

$$I = \text{Cos}^2 (\alpha - \beta) \int A^2 - \sin 2\alpha \sin 2\beta \left(A^2 \sin^2 \frac{1}{2} \delta \right) \dots \dots \dots (19)$$

$$\text{或 } I = \cos^2(\alpha - \beta) \sum 2A^2 - \sin 2\alpha \sin 2\beta \sum \left(A^2 \sin 2\pi \frac{J}{\lambda} \right) \dots \dots \dots (20)$$

上式第二項可左右視野之色。故使 $\alpha - \beta$ 為一定而旋轉透明板於Z軸之周，則 $\sin 2\alpha \sin 2\beta = 0$ 即 $\alpha = 0^\circ, 90^\circ, \beta = 0^\circ, \beta = 90^\circ$ 之四處視野為白色。其明度當平行Nicol即 $\alpha = \beta$ 時最大，直交 Nicol 即 $\alpha - \beta = \frac{\pi}{2}$ 時為零。若 $\sin 2\alpha \sin 2\beta > 0$ 則視野之色由第一項之白色減去第二項色而得。 $\sin 2\alpha \sin 2\beta < 0$ 則成二者混合之色。

$\alpha - \beta = 90^\circ$ 即直交 Nicol 時上式為

$$I = \sin^2 2\alpha \sum \left(A^2 \sin^2 \frac{1}{2} \delta \right) \dots \dots \dots (21)$$

當 $\alpha = 0, \frac{\pi}{2}, \pi, \frac{3}{2}\pi$ 時視野暗黑， $\alpha = \frac{\pi}{4}, \frac{3}{4}\pi, \frac{5}{4}\pi, \frac{7}{4}\pi$ 時視野最明若 $\alpha = \frac{\pi}{4}$ ，則

$$I = \sum \left(A^2 \sin^2 \frac{\delta}{2} \right) \dots \dots \dots (22)$$

$$\text{或 } I = \sum \left(A^2 \sin^2 \pi \frac{J}{\lambda} \right) \dots \dots \dots (23)$$

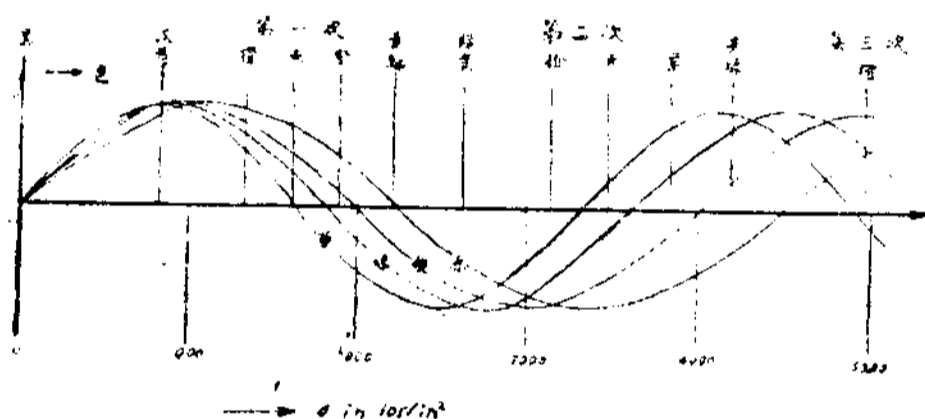
此為偏光彈性學中最重要公式之一。白色光為無數單色光所成，即上式中含無數之A及入而J之值因物體材料及主內力差而異。故今主力差達某值時，J若等於某色光之入，則視野之色為白色中減去此色之殘色，故主內力差由零漸增時，視野由暗黑而首消去最短波長之藍色後成其餘諸色之合成色，至最後波長最長之赤色光消去而呈其餘諸色之合成色，內力再增時若J達藍色波長之二倍或三倍，則現第二次或第三次之著色視野。因J與主內力差成正比例，故由視野之色而判定該作用點之主內力差。第12圖示厚0.18吋寬 $\frac{3}{8}$ 吋之Celluloid板上內力差與視野色及藍綠黃赤四色光之

波長

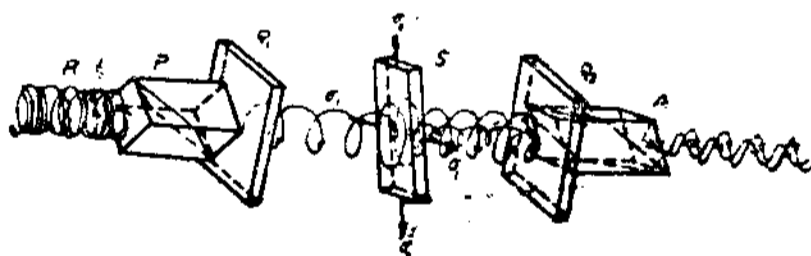
8. 二直交 Nicol 及二直交四分之一波長板間插入之透明等方體

第13圖偏光子P及檢光子A兩主面成直交四分之一波長板 Q₁ 面與 Z軸直

第 12 圖



第 13 圖

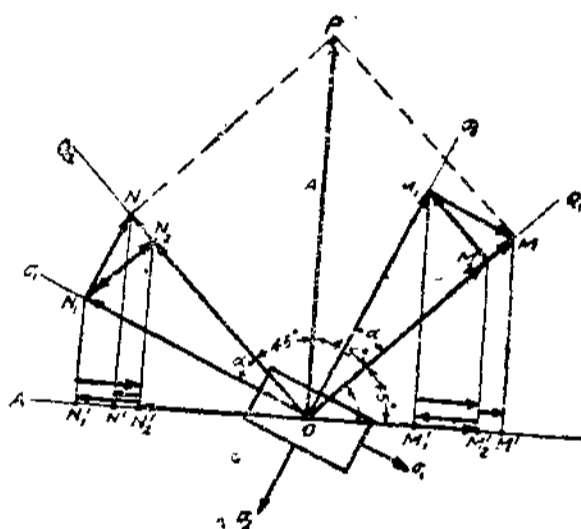


交，其主面與P之主面成 45° 傾斜，四分之一波長板 Q₂ 之主面與 Q₁ 主面亦成直交。Q₁ 在P之出口，Q₂ 在A之入口。其間插入透明等方體 S，S 上有平面聯立內力 σ_1 及 σ_2 之作用。由 P 左方射以鈉之黃色光 R，經 P 變為平面偏光，再經四分之一波長板 Q₁ 變為圓偏光。再經 S 一般變成橢圓偏光，又經 Q₂ 一般變成位相相異之橢圓偏光，最後經檢光子 A 變成有同一偏光面之平面偏光。起干涉與合成之作用。

第14圖 OP,OA 示偏光子P及檢光子A之主面。OQ₁ , OQ₂ 示四分

一波長板 Q_1 ， Q_2 之主面， OG_1 及 OG_2 示主內力 σ_1 ， σ_2 之方向。 O P 長度 A 為出偏光子後平面偏光之振幅。設振動面平行於四分之一波長板主面之異常光線較速於通常光線，經 S 後振動於 σ_1 方向者曰異常光線，振動於 σ_2 者曰通常光線。離 P 後之異常平面偏光因 Q_1 分成 OM 及 ON 之異常與通常兩平面偏光，此等通過 S 板分成 OM_1 ， $N_1 N$ 二通常平面偏光

第 14 圖



及 $M_1 M$ ， ON_1 二異常平面偏光。此等又經 Q_2 分成 $M_2 M_1$ ， $N_2 N$ ， $M_1 M_2$ ， ON_2 四異常平面偏光，及 OM_2 ， $N_1 N_2$ ， $M_2 M$ ， $N_2 N_1$ 四通常平面偏光。此八個平面偏光最後經檢光子 A 分成十六個平面偏光，其中八個通常光線為 Canada balsam 面所全反射，僅八個異常光線 $M_2 M_1$ ，

$N_2 N'$ ， $M_1 M'$ ， $M_2 M'$ ， ON_2' ， OM_2' ， $N_1 N_2'$ ， $M_2 M'$ ， $N_2 N_1'$ 可通過，而同振動於 A 主面內，其振幅位相相異，波長週期相同。而生干涉及合成。

今就進入檢光子 A 以前，通過波長板及透明物體後各振幅及位相差（記入〔〕中）示於下表。

$$ON : \begin{cases} ON = \frac{1}{\sqrt{2}}A, [O] \\ ON_1 = \frac{A}{\sqrt{2}}\cos \alpha, [O] \\ N_1 N = \frac{A}{\sqrt{2}}\sin \alpha, [\delta] \end{cases}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ON}_2 : & \begin{cases} \text{ON}_2 = \frac{A}{\sqrt{2}} \cos^2 \alpha, \left[\frac{\pi}{2} \right] \\ \text{N}_2 \text{N}_1 = \frac{A}{\sqrt{2}} \cos \alpha \sin \alpha, [0] \end{cases} \\
 \text{N}_1 \text{N} : & \begin{cases} \text{N}_2 \text{N} = \frac{A}{\sqrt{2}} \sin^2 \alpha, \left[\delta + \frac{\pi}{2} \right] \\ \text{N}_1 \text{N}_2 = \frac{A}{\sqrt{2}} \sin \alpha \cos \alpha, [\delta] \end{cases} \\
 & \text{OM} = \frac{1}{\sqrt{2}} A, \left[\frac{\pi}{2} \right] \\
 \text{OM} : & \begin{cases} \text{OM}_1 = \frac{A}{\sqrt{2}} \cos \alpha, \left[\frac{\pi}{2} + \delta \right] \\ \text{M}_1 \text{M} = \frac{A}{\sqrt{2}} \sin \alpha, \left[\frac{\pi}{2} \right] \end{cases} \\
 \text{OM}_1 : & \begin{cases} \text{OM}_2 = \frac{A}{\sqrt{2}} \cos^2 \alpha, \left[\frac{\pi}{2} + \delta \right] \\ \text{M}_2 \text{M}_1 = \frac{A}{\sqrt{2}} \cos \alpha \sin \alpha, [\pi + \delta] \end{cases} \\
 \text{M}_1 \text{M} : & \begin{cases} \text{M}_2 \text{M} = \frac{A}{\sqrt{2}} \sin^2 \alpha, \left[\frac{\pi}{2} \right] \\ \text{M}_1 \text{M}_2 = \frac{A}{\sqrt{2}} \sin \alpha \cos \alpha, [\pi] \end{cases}
 \end{aligned}$$

此等偏光出檢光子後，振動於同一平面其振幅如下。

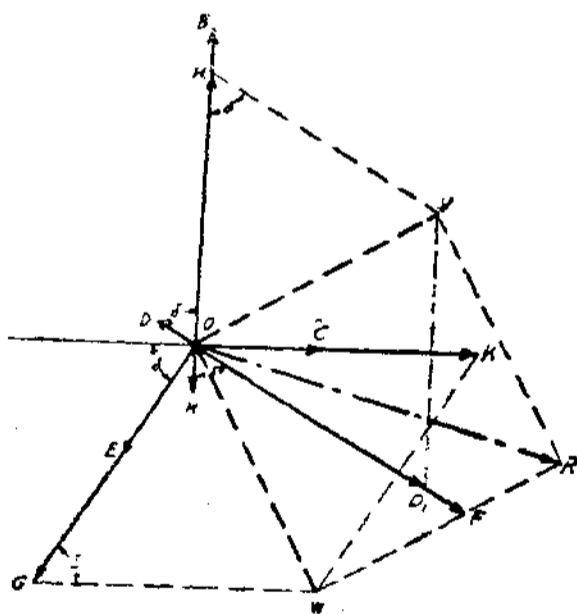
$\text{ON}_2' = \frac{A}{2} \cos^2 \alpha, \left[\frac{\pi}{2} \right]$	$\text{OM}_2' = \frac{A}{2} \cos^2 \alpha, \left[\frac{\pi}{2} + \delta \right]$
$\text{N}_2' \text{N}_1' = \frac{A}{2} \cos \alpha \sin \alpha, [0]$	$\text{M}_2' \text{M}_1' = \frac{A}{2} \cos \alpha \sin \alpha, [\pi + \delta]$
$\text{N}_2' \text{N}' = \frac{A}{2} \sin^2 \alpha, \left[\delta + \frac{\pi}{2} \right]$	$\text{M}_2' \text{M} = \frac{A}{2} \sin^2 \alpha, \left[\frac{\pi}{2} \right]$
$\text{N}_1' \text{N}_2' = \frac{A}{2} \sin \alpha \cos \alpha, [\delta]$	$\text{M}_1' \text{M}_2' = \frac{A}{2} \sin \alpha \cos \alpha, [\pi]$

但上之說明中尚須考慮 Prism 及波長板之主面，位置所生位相差。設 O 方向不因主面而變其位相，則其反方向生遲慢 π 之位相差，故得下表。

$ON_2 = \frac{A}{2} \cos^2 \alpha, \left[\frac{\pi}{2} \right]$	$OM_2' = \frac{A}{2} \cos^2 \alpha, \left[\delta - \frac{\pi}{2} \right]$
$N_2' N_1' = \frac{A}{2} \cos \alpha \sin \alpha, [0]$	$M_2' M_1' = \frac{A}{2} \cos \alpha \sin \alpha, \left[\pi + \frac{\delta}{2} \right]$
$N_2' N' = \frac{A}{2} \sin^2 \alpha, \left[\delta + \frac{\pi}{2} \right]$	$M_2' M' = \frac{A}{2} \sin^2 \alpha, \left[-\frac{\pi}{2} \right]$
$N_1' N_2' = \frac{A}{2} \sin \alpha \cos \alpha, \left[\delta - \pi \right]$	$M_1' M_2' = \frac{A}{2} \sin \alpha \cos \alpha, [0]$

上之八個振幅示於第15圖。圖中

第 15 圖



$OB = ON_2'$ $OF = OM_2'$
 $OC = N_2' N_1' EE_1 = M_2' M_1'$
 $OD = N_2' N' OH = M_2' M'$
 $OE = N_1' N_2' CK = M_1' M_2'$
 先求 OB, OD, OF, OH 之合成振
 幅 OV ，則

$$\begin{aligned}
 OV &= 2 \times OH_1 \sin \frac{\delta}{2} = 2 (OB \\
 &\quad - OH) \sin \frac{\delta}{2} = 2 \times \frac{A}{2} \\
 &\quad (\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha) \sin \frac{\delta}{2} \\
 &= A \cos 2\alpha \sin \frac{\delta}{2}
 \end{aligned}$$

次求 OC, OE, EG, CK 之合成振幅 OW ，則

$$OW = 2(OC + CK) \sin \frac{\delta}{2} = 2 A \sin \alpha \cos \alpha \sin \frac{\delta}{2}$$

$$= A \sin 2\alpha \sin \frac{\delta}{2}$$

次得八個振幅之合成振幅OR，

$$OR = \sqrt{OV^2 + OW^2} = A \sin \frac{\delta}{2}$$

光之強度與振幅自乘成比例，故

$$I = A^2 \sin^2 \frac{\delta}{2} \dots \dots \dots (24)$$

此與(18)式一致。若省去四分之一波長板，則視野明度一般為(17)式所表示。即 $I = A^2 \sin^2 2\alpha \sin^2 \frac{\delta}{2}$ ，含有 α 項，即因主內力方向而明度不同。但含四分之一波長板二個，則在適當位置有適當傾斜時視野明度與內力方向無關係。且有(17)式中 $\alpha = 45^\circ$ 時之最大明度。

若主內力方向在模型各點為同一時，則依第6節裝置省去四分之一波長板，且使 $\alpha = 45^\circ$ 而得最大明度。但此種簡單問題之解決無須利用偏光彈性學。若應用偏光實驗之問題，內力方向各點均極複雜，故一般須用四分之一波長板。

且四分之一波長板尚有一特性。蓋若省去時，當 $\alpha = 0$ 或 90° 即主內力方向與直交 Nicol 主面相平行或直交處之視野生多數黑線，為測定時之妨害。若變為圓偏光即用四分之一波長板時，僅主內力為零處現黑線。極為便利。

若用白色光源，則(24)式變為

$$I_s = \sum \left(A^2 \sin^2 \frac{\delta}{2} \right) \dots \dots \dots (25)$$

或
$$I = \sum \left(A^2 \sin^2 \pi \frac{J}{\lambda} \right) \dots \dots \dots (26)$$

第二章 偏光彈性實驗方法

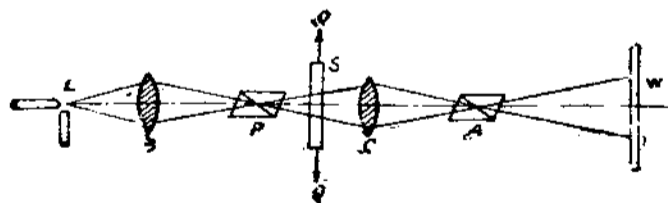
9. 總說 偏光彈性實驗方法分五段。(第一)求等傾曲線，(第二)求

求主內力曲線，(第三)求主內力差，(第四)求主內力和，(第五)求主內力。凡內力分布複雜，理論所不易求者均可由偏光之應用以解決之。

10. 等傾曲線 插入於直交 Nicol 間透明等方體模型試驗片 (Test-piece) 一點上作用之主內力方向 α 與 Nicol 主面平行或直角之點視野呈暗黑 [公式(17)]，直交 Nicol 主面由垂直位置傾斜一定角度 θ 時，視野或 Screen 上所現之黑線乃示主內力中之一與垂直方向成 θ 角，其他一者與垂直方向成 $\theta + \frac{\pi}{2}$ 角諸點之軌跡。此等黑線曰等傾曲線 (Isoclinic bands or lines) 其位置及形狀因 θ 之值而變化。

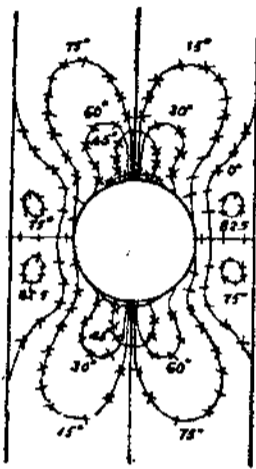
故將玻璃或 Celluloid 等作成欲研究內力分布之物體之形，加以適當外力。使 Nicol 直交，旋轉之。對於各旋轉角所生 Screen 上之等傾曲線畫出之，得模型全面上示主內力方向之數多曲線。此為偏光彈性實驗之第一段。第16圖示 Lens 數最少之簡單實驗裝置。首使兩 Nicol P, A 主面相平行，且兩軸在同一直線。由光源 L 所發之光經 Lens B 而集於偏光子 P，通過模型試驗片及第二 Lens C，經檢光子 A 生像於 Screen W 上。

第 16 圖

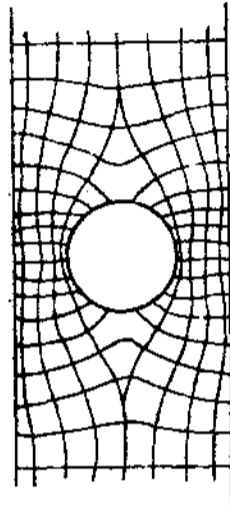


次旋轉 Nicol 變成直交狀態，將直交 Nicol 旋轉，讀其角度，同時加外力於試驗片 S 上。但固定 Nicol 而旋轉試驗片亦可。惟因多困難，故常固定試驗片而旋轉 Nicol 第17圖示中央有圓孔之板加以垂直拉力時孔附近所生之等傾曲線。圖中數字示主內力中一者與板縱軸所成之傾斜角度。

第 17 圖



第 18 圖



11. 主內力曲線 前節

第17圖所示等傾曲線上引小十字線表示各曲線上之傾斜角。例如圖中 30° 之線上各點作直交小十字線與板軸成 30° 及 120° 之傾斜。

次由任意之點通過諸十字線交點作切於此等十字線之曲

線。則此曲線上各點主內力方向即為其切線與法線方向。故即可視為示主內力方向之曲線，因此稱曰主內力曲線。第18圖即為第17圖之主內力曲線。此為偏光彈性實驗之第二段。

12. 主內力差之測定第一法，(等明曲線) 用單色光及四分之一波長板，而消去等傾曲線。且各點視野保持其與該點主內力差相當之最大明度。由公式(24)即 $I = A^2 \sin^2 \frac{\delta}{2}$ 及 $\delta = 2\pi \frac{C}{\lambda} h (\sigma_1 - \sigma_2)$ 則Screen上影像中自多數黑線外尚有明度不同之多數有色曲線(與使用單色光同色)。此等曲線曰等明曲線。示主內力差 $\sigma_1 - \sigma_2$ 為一定各點之軌跡。故將視野明度及內力強度之關係先測定後，可由等明曲線推知主內力差。例如

$$\delta = 2n\pi = 2\pi \frac{C}{\lambda} h (\sigma_1 - \sigma_2)$$

或 $\sigma_1 - \sigma_2 = n \frac{\lambda}{Ch}$

時，呈黑線。

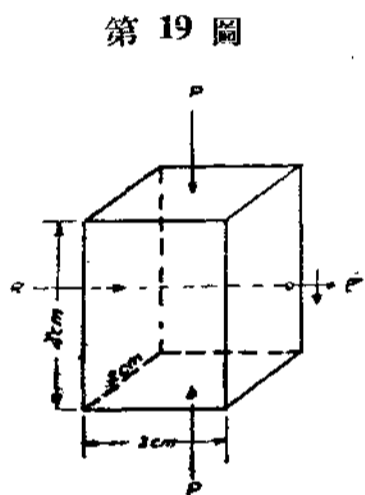
$$\delta = (2n+1)\pi = 2\pi \frac{C}{\lambda} h (\sigma_1 - \sigma_2)$$

或 $\sigma_1 - \sigma_2 = (2n+1) \frac{1}{Ch} \frac{\lambda}{2}$

時，為最明曲線。

故試驗片厚度 h ，係數 C ，及使用光，波長 λ 已知時，黑線上主內力差 $\sigma_1 - \sigma_2$ 之值可知。

例 完全除去 Initial stress 之玻璃長方柱長 4cm，寬 2cm，厚 3cm，插入於直交 Nicol 間，沿長邊加壓力。（第19圖）用波長 589uu



第 19 圖

之單色光平行於 3cm 邊通過之，壓力自零達 1,200 Kg 時適由最初黑暗視野至第四次黑暗視野。求係數 C 。

$$\text{由公式 } \sigma_1 - \sigma_2 = n \frac{\lambda}{Ch},$$

$$n=3, h=30\text{mm}, \lambda=5,890\text{A}^\circ\text{U.}$$

$$\sigma_1 - \sigma_2 = \frac{1200}{3 \times 2} = 200 \text{ kg/cm}^2$$

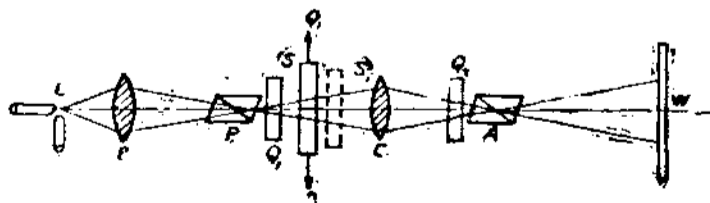
$$C = \frac{n \lambda}{h(\sigma_1 - \sigma_2)} = \frac{3 \times 5890}{30 \times 200} = 2.95 \text{ [Brewster]}$$

13. 主內力差之測定第二法，（等色曲線） 前節代以白色光源則

$$I = \sum \left(A^2 \sin^2 \frac{\delta}{2} \right)$$

等明曲線變成等色曲線。就一定厚度 h 之所用材料豫作一色尺度（Colour Scale），則由視野所現之色可推定主內力差。此為第三段中之一法，第20圖示此實驗之最簡單圖，偏光子 P 及檢光子 A 之主面相互直交。四分之

第 20 圖



一波長板 Q_1 及 Q_2 之主面亦相直交，且對於 P 及 A 之主面各成 45° 傾斜。

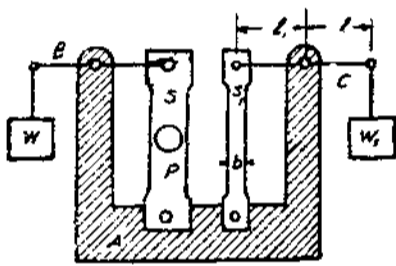
14. 主內力差之測定第三法 第21圖 S 為中央有圓孔之模型試驗片， S_1 為同一板所切成之單純拉力試驗片(厚 h 寬 b)，今用適當方法 S 上端加拉力孔之附近 P 點上主內力差可就 S_1 上橫杆 C 之右端分銅 W_1 調整其水平位

第 21 圖

置或其重量，使 P 點之色與 S_1 之色一致時，則

$$C(\sigma_1 - \sigma_2)h = Ch \frac{lw_1}{I_1 bh}$$

$$\text{或 } \sigma_1 - \sigma_2 = \frac{l}{I_1} \frac{w_1}{bh}$$



15. 受同種內力兩透明等方板之疊合
厚 h_1 內力係數 C_1 之透明等方板受拉力 σ_1 作用時，射以平面偏光，則振動於

內力方向之異常平面偏光對於振動於其直交方向之通常平面偏光有相對遲度 $J_1 = C_1 h_1 \sigma_1$ ，今厚 h_2 ，內力光係數 C_2 之第二透明等方板受拉內力 σ_2 作用。使內力方向平行而將第二板疊合於第一板上，則通過第一板之異常光線因通過第二板又生 $J_2 = C_2 h_2 \sigma_2$ 之相對遲度。合計之，

$$J_1 + J_2 = C_1 h_1 \sigma_1 + C_2 h_2 \sigma_2$$

若 $C_1 = C_2 = C$ ， $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma$ 則上式為

$$J_1 + J_2 = C\sigma (h_1 + h_2)$$

即與厚 $h_1 + h_2$ 之一板受 σ 拉內力時之結果同。但使內力方向相直交而疊合兩板時，則通過兩板之二平面偏光間相對遲度為

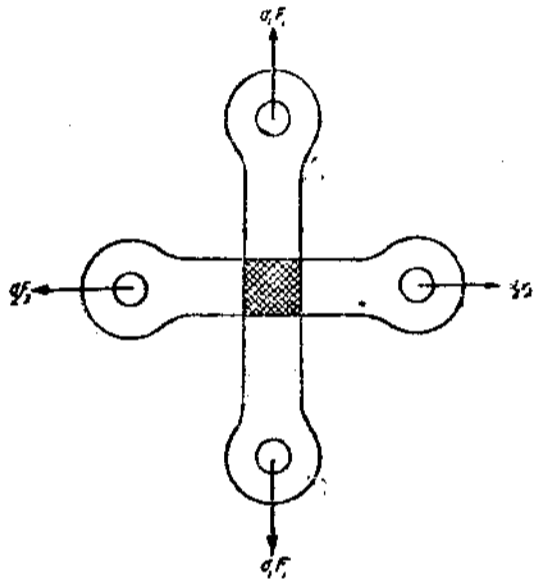
$$J_1 - J_2 = C_1 h_1 \sigma_1 - C_2 h_2 \sigma_2$$

若 $C_1 = C_2 = C$ ， $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma$ 時，

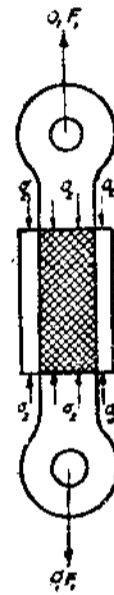
$$J_1 - J_2 = C\sigma (h_1 - h_2)$$

即與厚 $h_1 - h_2$ 之一板其結果相同。若 $J_1 = J_2$ 即 $C_1 h_1 \sigma_1 = C_2 h_2 \sigma_2$

第 22 圖



第 23 圖



則視野暗黑。第22圖中央黑色部示兩板直交部之黑暗處。其他部分有同一明度與同一之色。

16. 受異種內力兩透明等方板之疊合。 若第一板受拉內力 σ_1 ，第二板受壓內力 σ_2 而相疊合，插入於直交 Nicol 間，使內力方向直交，則通過第一板遲 $J_1 = C_1 h_1 \sigma_1$ 之異常光線，通過第二板又遲 $J_2 = C_2 \sigma_2 h_2$ ，結果生位相差

$$J_1 - J_2 = C_1 h_1 \sigma_1 + C_2 h_2 \sigma_2$$

若如第23圖使內力方向平行而疊合時，由第一板遲 $J_1 = C_1 h_1 \sigma_1$ 之異常光線，經第二板增進 $J_2 = C_2 h_2 \sigma_2$ 故兩偏光間相對遲度為

$$J_1 + J_2 = C_1 \sigma_1 h_1 - C_2 h_2 \sigma_2$$

若 $J_1 = -J_2$ 則重疊部視野為暗黑。其他部有同一明度與同一之色。

以上所述對於平面聯立內力亦可成立。例如 σ_1, σ_2 及 σ_1', σ_2' 各

作用於第一第二兩板， J_1, J_2 為兩板所生光之相對遲度，則此二板所生相對遲度 J 為

(1) σ_1 與 σ_1' 方向相平行時

$$J = J_1 + J_2 = C_1 h_1 (\sigma_1 - \sigma_2) + C_2 h_2 (\sigma_1' - \sigma_2')$$

(2) σ_1 與 σ_2' 方向相直交時

$$J = J_1 - J_2 = C_1 h_1 (\sigma_1 - \sigma_2) - C_2 h_2 (\sigma_1' - \sigma_2')$$

17. 主內力差之測定第四法 前述第一至第三諸法均由視野之色或明度以推定主內力差，難得正確數值，且內力正負之判定全依實驗者之想像，然前述兩透明等方板疊合時，適宜調整其內力之值可使視野黑暗。由此可定各點主內力差。此曰消色法 (Method of matching colour zero method)，普通多採用之。

第一段實驗中已知各點上兩主內力之方向。但就為最大主內力 σ_1 之方向尙未知。其求法如下。

另作一比較試驗片 (Comparison test piece)，使其軸取模型試驗片上一點之等傾曲線傾斜角而固定於比較試驗機 (Comparison tester)，設沿其軸上加以拉內力。第20圖之 S_1 即為比較試驗片之位置，lens C使 S_1 與 S_1 像同時映於 Screen W 上。若比較試驗片上內力雖任何調整，不能使視野成黑暗時，則該點最大主內力 σ_1 方向與比較試驗片之軸一致。即為通過該點之等傾曲線之傾斜角，若視野可使黑暗，則軸與最小主內力 σ_2 方向一致。又若比較試驗片上加壓內力時結果與上相反，以上說明，若非使用單色光，則僅於位相差為零時，視野暗黑。若用單色光，則位相差為波長整數倍時皆呈暗黑，故當注意。

今最大與最小主內力方向既決定後，再求主內力差。

設比較試驗片常受拉內力，使此內力方向與所求最小內力 σ_2 方向相一致，使前者之內力漸變化，至視野完全黑暗時之值設為 σ_0 ，對於模型試驗片及比較試驗片之係數與厚度設為 C, h 及 C_0, h_0 ，則

$$Ch(\sigma_1 - \sigma_2) = C_0 h_0 \sigma_0$$

或
$$\sigma_1 - \sigma_2 = \frac{C_0 h_0}{Ch} \sigma_0 \dots\dots\dots(27)$$

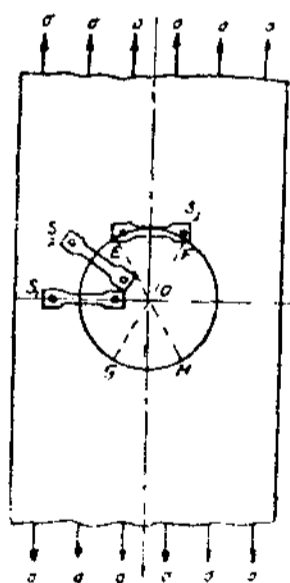
故 C, h, C_0, h_0 測定後，由 σ_0 之讀度可計算 $\sigma_1 - \sigma_2$ ，若模型試驗片與比較試驗片由同一板作成，則 $Ch = C_0 h_0$ ，故

$$\sigma_1 - \sigma_2 = \sigma_0 \dots\dots\dots(28)$$

18. 中央有圓孔之拉試驗片所生主內力差之測定。

此為說明前節之例題。第24圖之圓孔板，其第一第二兩段實驗設已完

第 24 圖



畢。今求圓孔周圍所生主內力差，此時主內力中一者 σ_2 易知其為零。僅 σ_1 作用於圓之切線方向。

據測定結果由圓中心對於試驗片軸左右成 30° 間圓周部份 EF 及 GH 上有壓內力作用。其他部分 EG 及 Fh 上有拉內力作用。故受拉內力部分上比較試驗片 S_1, S_2 之軸須置於圓周之法線位置 EF, GH 間須置 S_3 於切線位置。

次設寬一寸之 Celluloid 板中央有直徑 $\frac{1}{4}$ 吋之圓孔。於縱方向上加每平方吋 $\sigma = 570\text{lb}$ 之拉

內力。據 Coker 教授實驗結果及由理論公式 $\sigma_1 = \sigma(1 - 2\cos^2\theta)$ (1)

算出結果極相一致。示於下表。

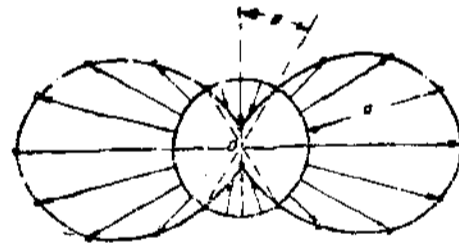
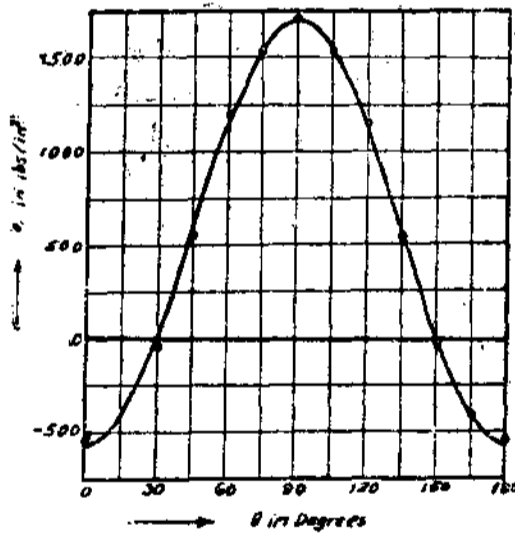
θ	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
σ_1 Lbo/in ²	-540	-400	-20	580	1200	1530	1720
$1-2\cos 2\theta$	-1.000	-0.732	0	1.000	2.000	2.732	3.000
$\sigma_1 = \sigma (1-2\cos 2\theta)$ lbs/in ²	-570	-417	0	570	1140	1557	1710

$$\sigma = 570 \text{ lbo/in}^2$$

第25圖取 θ 於橫軸 σ_1 於縱軸而得。第26圖之內力分布圖以孔圓周為基線而畫 σ_1 於放射狀方向，圖中圓之內側為負內力外側為正內力

第 25 圖

第 26 圖



(1) Suehiro "The Distribution of Stress in Plates having Discontinuities, and Some Problems Connected with it," Engineering, Sep., 1, 1911. Foppel "Vorlesungen über Technische Mechanik", Vol. V, P. 347. H. Lorenz "Technische Elastizitäts Lehre", P. 538.

19. 主內力和之測定 偏光彈性實驗之第四段為主內力和之測定，

設所欲測定主內力 $\sigma_1 \sigma_2$ 之點上，試驗片之厚度為 h ，試驗片材料之 young's modulus 與 Poisson's ratio 各為 E 及 $\frac{1}{m}$ 則因內力所生厚度之變化量 e 為

$$e = -\frac{h}{E m} (\sigma_1 + \sigma_2)$$

$$\therefore \sigma_1 + \sigma_2 = -\frac{E m}{h} e$$

故用倍率極大之橫變形測定器 (Lateral strainmeter)，測定各點之厚度變化量 e 可算出 $\sigma_1 + \sigma_2$ 之值。

20. 主內力之決定 吾人由第三段實驗定主內力差 $\sigma_1 - \sigma_2$ ，再由第四段實驗定主內力和 $\sigma_1 + \sigma_2$ 得 σ_1 及 σ_2 之二元聯立方程式。解之得任意各點之主內力 σ_1 與 σ_2 此為第五段實驗。由以上順序則理論計算所不可求出之內力分布狀態，由實驗均可決定之。或由實驗結果可判定理論公式之分精確度。

某問題實驗終了後，擇一斷面，使其面上主內力中之一全與外力方向一致。就此斷面，研究與外力平行之主內力總和對於外力之差而判定實驗之精密度。

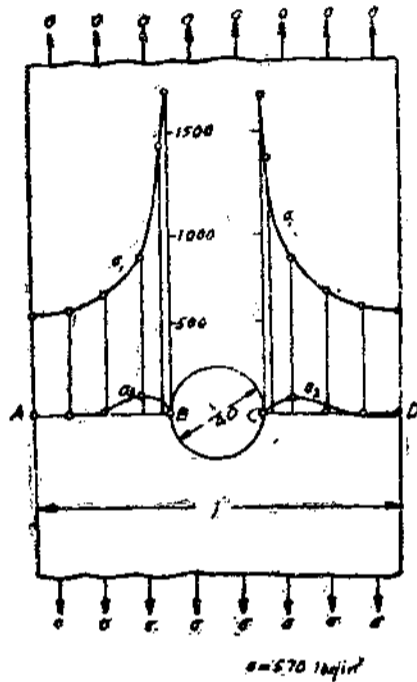
次就第18節之例沿試驗片最狹斷面 ABCD (第27圖) 所測定之主內力和，主內力差，及主內力示於次表及第27圖。

又設 OA 之之長為 ka ，則由次式可研究實驗之精確度。

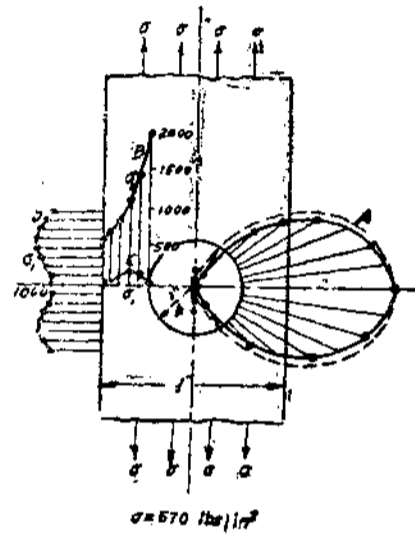
$$\int_a^{ka} \sigma_1 dr = \sigma ka$$

第28圖乃圓孔直徑由 $\frac{1}{4}$ " 擴大為 $\frac{1}{2}$ " 時之實驗。實線所示之曲線 A 乃孔周所生之主內力分布，虛線乃理論計算所得者。B 及 C

第 27 圖



第 28 圖



離孔中心之水平距離 inch	內 力 lbs/in ²			
	$\sigma_1 + \sigma_2$	$\sigma_1 - \sigma_2$	σ_1	σ_2
-0.50	530	540	535	-5
-0.40	550	580	565	-15
-0.30	650	630	640	+10
-0.20	930	750	840	+90
-0.14	1440	1460	1450	-10
-0.125	—	1720	1720	0
0	—	—	—	—
+0.125	—	1730	1730	0
+0.14	1350	1400	1375	-25
+0.20	910	760	835	+75
+0.30	660	660	660	0
+0.40	560	580	570	-10
+0.50	500	560	530	-30

為最狹斷面所生最大及最小主內力 σ_1 與 σ_2 之分布狀況，D 示板縱邊上

所生主內力曲線。

21. 內分布之純光學的決定法 偏光彈性實驗之第四段即求主內力和，須用倍率極大之橫變形測定器，但 Celluloid 及 Bakelite 等受一定內力時，因時間增加生 Strain creep，但實驗上須長時間，故內力繼續作用時，生實驗上之誤差。且模型材料之彈性及 Poisson's ratio 對於內力之關係及橫變形測定器之構造等均有未可信賴之處，且內力分布相差甚大時，試驗片厚度之測定極困難，故廢止第19節之機械的方法，就第三段以前所得結果，用圖式積分法 (Graphical integration) 而求主內力，此間接方法為 Filon 氏所發表，(1)

即實驗測定僅屬於光學部分，省去機械的操作而採用圖式積分法。

22. 應用圖式積分法之主內力測定 依彈性學上一般平衡方程式為

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} &= 0 \\ \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z} &= 0 \\ \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} &= 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(29)$$

但 $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ 為物體內任一點處平行於三坐標軸面之平面上直交分內力， $\tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{zx}$ 為上之三平面上剪斷 (Shear) 分內力，對於平面聯立內力，則 $\sigma_z = 0, \tau_{xz} = 0, \tau_{yz} = 0$ ，故上式簡單成次形。

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \sigma_x}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} &= 0 \\ \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z} &= 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(30)$$

(1) "On the graphical determination of stress from photoelas-

tic observation" by Firon, Engineering Oct 19, 1923, p.511.

(2) Afoppl: "Vovlesungen uber Technische Mechanik" III Band, p23.

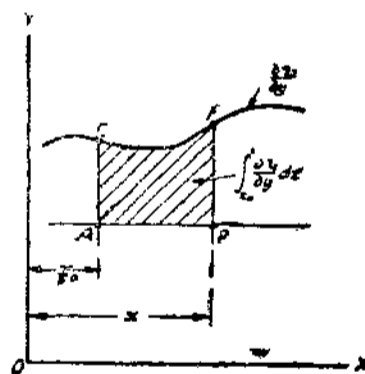
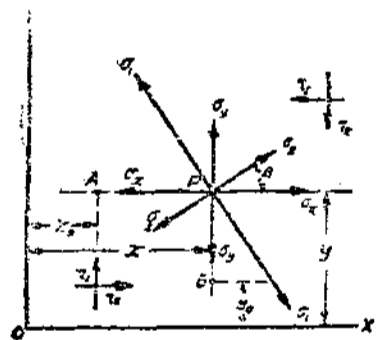
此兩式可變成

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= \sigma_{x_0} - \int_{x_0}^x \frac{\partial z_z}{\partial y} dx \\ \sigma_y &= \sigma_{y_0} - \int_{y_0}^y \frac{\partial z_y}{\partial x} dy \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (31)$$

σ_x, σ_y 各為所求P點X,Y上面之直交分內力(光線進行方向為Z軸), 主內力 σ_1, σ_2 中 σ_2 與X軸成B角(第29圖)。 σ_{x_0} 為過P點而平行於X軸之直

第 29 圖

圖 30 第



線上於 $x = x_0$ 之A點處作用於X面上之直交分內力 σ_{y_0} , 為過P點而平行於Y軸之直線上於 $y = y_0$ 之B點處作用於Y面之直交分內力。將A,B 之值適當選定, $\sigma_{x_0}, \sigma_{y_0}$ 之值可精確測定之。即為(31)式之積分常數。又

$$z_2 = (\sigma_1 - \sigma_2) \sin B \cos B \dots\dots\dots (32)$$

由等傾曲線可知B, 由等色曲線可知 $\sigma_1 - \sigma_2$ 則各點 z_x 可算出。平行於AP線, 以AP為中心線, 相隔 δ_y 之二水平直線上所作用之 z_2 求出後,

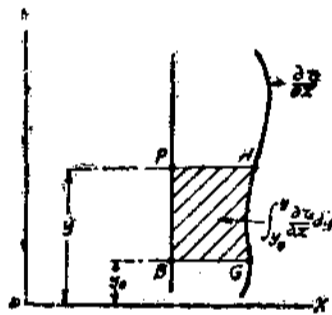
得兩者之差 δZ_z ，以定數 δy 除之得 $\frac{\delta Z_z}{\delta y}$ ，與此值相當之長度作於 A P 線上得曲線 EF (第30圖)，面積 APFE 爲

$$\int_{x_0}^x \frac{\partial Z_z}{\partial y} dx$$

由 σ_x 減去此值即得 P 點上之 σ_x 。同樣平行於 BP 線，以 BP 線爲中心，相隔 δx 距離處二直線算出 Z_z ，以定數 δz 除之，將 $\frac{\delta Z_z}{\delta x}$ 之值作于 B P 線上得 GH 曲線 (第31圖)。面積 BPHG 爲

第 31 圖

$$\int_{y_0}^y \frac{\partial Z_z}{\partial z} dy$$



由 σ_y 減去此值得 P 點上之 σ_y 但

$$\sigma_1 + \sigma_2 = \sigma_x + \sigma_y$$

此式與公式(28)

$$\sigma_1 - \sigma_2 = \sigma_0$$

可得 σ_1, σ_2 ，即

$$\left. \begin{aligned} \sigma_1 &= \frac{1}{2}(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_0) \\ \sigma_2 &= \frac{1}{2}(\sigma_x + \sigma_y - \sigma_0) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (33)$$

23. 兩翼支持中央足上受拉力之 T 形樑 (1) 此爲說明前節之例。第32圖 T 形樑自右方支點距 2cm 之斷面 OY 上所生內力之計算。

先由偏光彈性實驗之第一段求等傾曲線如第32圖。由此等曲線用第33圖之作圖法得第34圖之主內力曲線。次沿 OY 線上每 0.2cm 點處主內力傾斜角 β 由第32圖求出之，用比較試驗片或等色曲綫測定主內力差。($\sigma_1 - \sigma_2$) 由此就彈性學公式

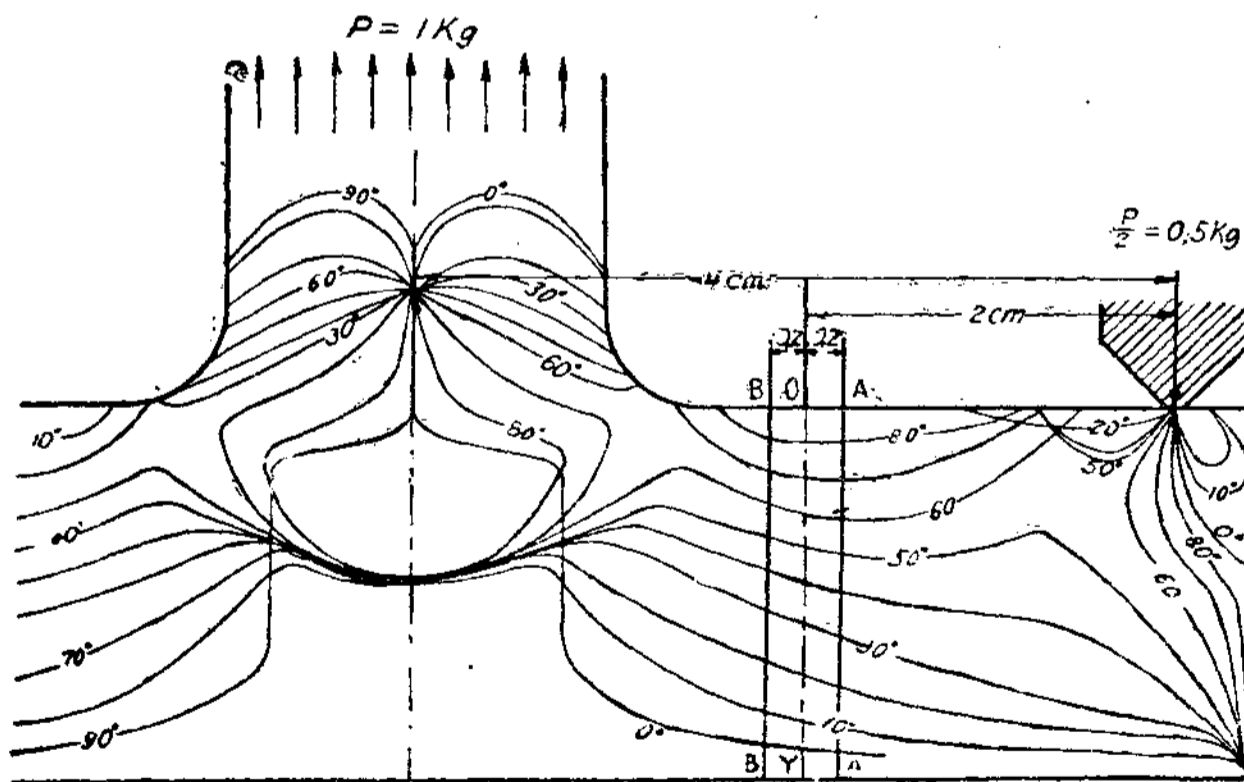
$$\sigma_x - \sigma_y = -(\sigma_1 - \sigma_2) \cos 2\beta$$

及 $\tau_z = \frac{1}{2} (\sigma_1 - \sigma_2) \sin 2B$

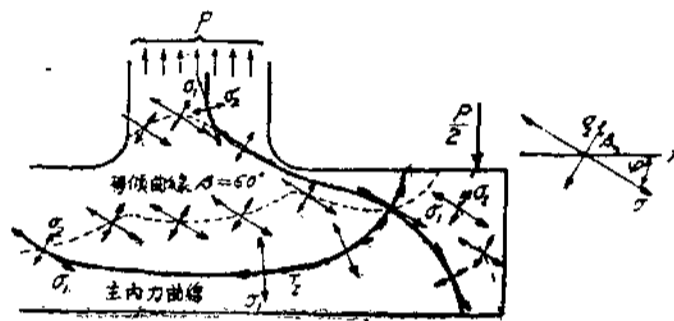
計算之示於次表。

(1) "Optische Untersuchung des Spannungszustandes in Maschinenteilen mit scharfen und abgerundeten Ecken" Von Walter Birnbaum, Zeitschrift für Technische Physik 1924 p.143

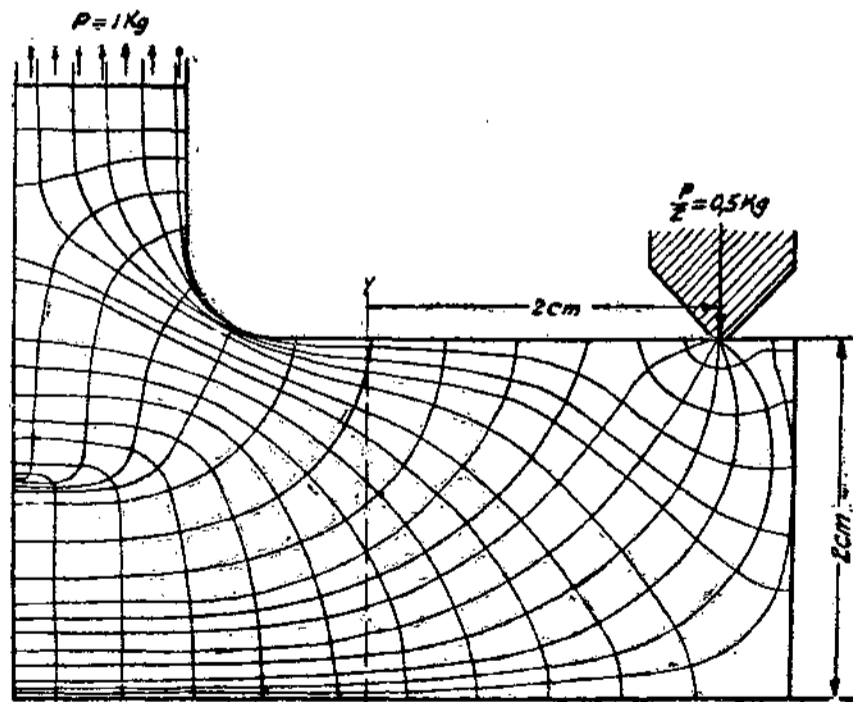
第 32 圖



第 33 圖



第 34 圖

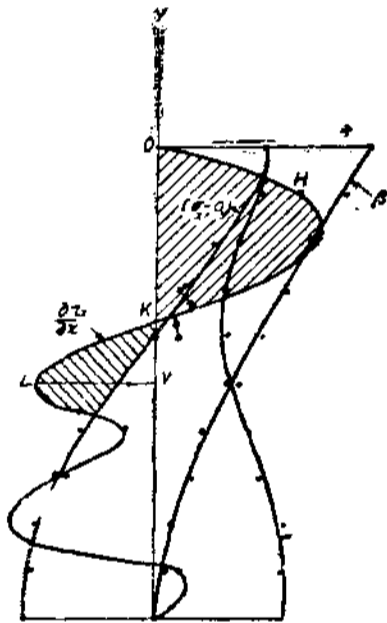


I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
y cm	B 度	$G_1 - G_2$ kg/cm ²	$G_x - G_y$ kg/cm ²	Z_z kg/cm ²	$\frac{S_z}{S_x}$	G_y kg/cm ²	G_x kg/cm ²	$G_1 + G_2$ = $G_x + G_y$	G_1 kg/cm ²	G_2 kg/cm ²
0	90	2.32	2.32	0	0	0	2.32	2.32	2.32	0
-0.2	80	2.25	2.11	0.39	-0.61	0.10	2.21	2.31	2.28	0.03
-0.4	67	1.74	1.22	0.53	-0.70	0.24	1.46	1.70	1.72	-0.02
-0.6	55	1.48	0.51	0.70	-0.10	0.31	0.82	1.13	1.31	-0.18
-0.8	45	1.50	0	0.75	-0.10	0.32	0.32	0.62	1.06	-0.44
-1.0	35	1.50	-0.51	0.71	+0.52	0.26	-0.25	0.01	0.76	-0.75
-1.2	20	2.06	-1.58	0.66	+0.12	0.18	-1.40	-1.22	0.42	-1.64
-1.4	15	2.19	-1.90	0.55	+0.43	0.12	-1.78	-1.66	0.27	-1.93
-1.6	7	2.68	-2.60	0.33	+0.62	0.01	-2.59	-2.58	0.05	-2.63
-1.8	5	2.71	-2.67	0.24	+0.11	0.02	-2.69	-2.71	0	-2.71
-2.0	0	2.80	-2.80	0	0	0	-2.80	-2.80	0	-2.80

H 驗

表中第六列 $\frac{\delta z_z}{\delta x}$ 之數字乃 OY 線左右 0.2cm 二直線 AA, BB 上所測定 z_z 值之差以 $\delta x = 0.4\text{cm}$ 以除之而得。由此求得 $\frac{\delta z_z}{\delta x}$ 及 $B\sigma_1 - \sigma^2$, $\sigma_x - \sigma_y$ 等由表中數字畫成第 35 圖曲線

第 35 圖 公式(31)中



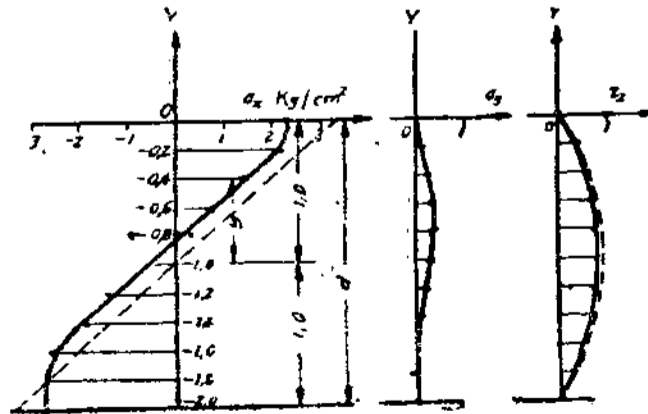
$$\sigma_y = \sigma_y - \int_{y_0}^y \frac{\partial z_z}{\partial x} dy$$

對於 O 點之 σ_y 。易知其為零。故第 35 圖中曲線 $\frac{\partial z_z}{\partial x}$ 即 OHL 與 Y 軸所包圍面積由 O 點向下方用圖式積分求 $\int_0^y \frac{\partial z_z}{\partial x} dy$ 之值。由此可定沿 Y 線上所作用之 σ_y 表中第七列數字即此。但(32)式之 z_z 與(31)之 z_z 其正負相異。dy 為負。第 36 圖示 σ_x, σ_y, z_z 之變化。圖中虛線乃用普通樑之算式而得者，即由 Morley "Strength of Materials,"

p. 138,

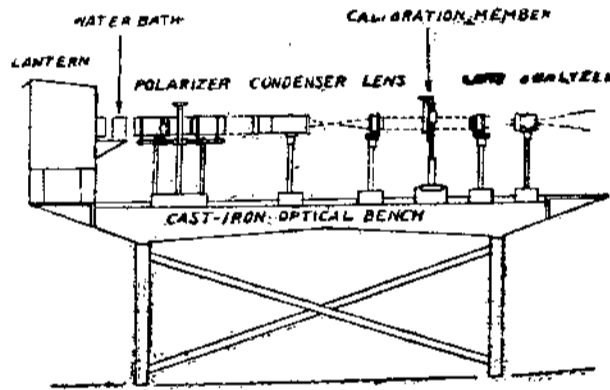
$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= M \frac{y}{I} , \\ z_z &= \frac{3}{2} \cdot \frac{S}{F} \left[1 - \frac{y^2}{\left(\frac{1}{2}d\right)^2} \right] \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(34)$$

第 36 圖

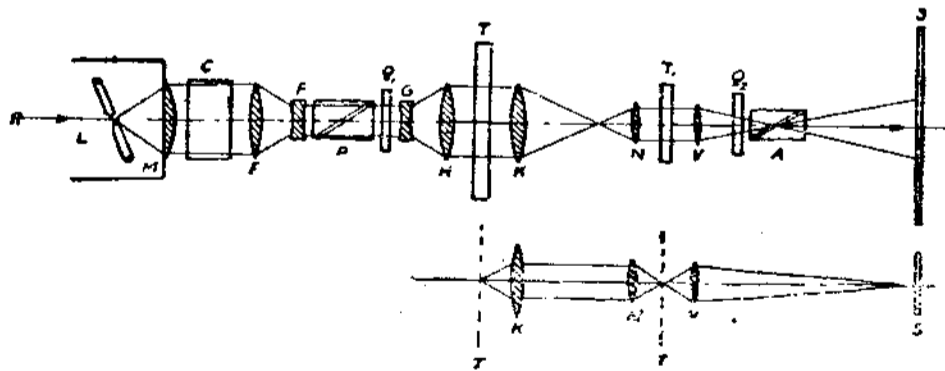


24. 偏光彈性實驗裝置。 第37圖為英國倫敦光學裝置製造所 Adam Hilger 公司由 Coker 教授之指導而製成之偏光彈性實驗裝置，第38圖示其光學裝置主要部，乃第三段主內力差測定時之狀況。圖中L為弧光燈光源，M,E,H,K,N,V為凸 lens,M在L之焦點距離處，收集多量之光。E使光集中於P,H使進於模型試驗片T上之光變為平行光線，且務使光線照於T之較大面積上。K,N使T之像生於比較試驗片 T₁ 之上，且 N 使進於

第 37 圖



第 38 圖

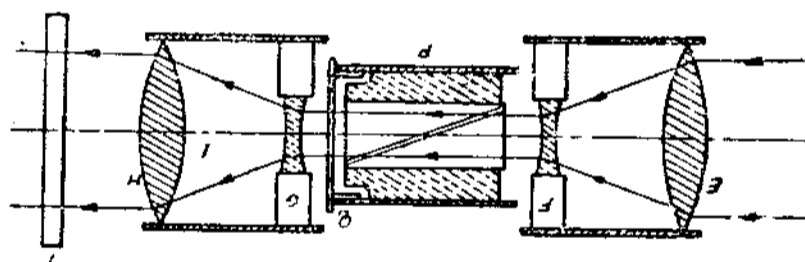


T₁ 之光變為平行光線。V使光集於A,且使T₁ 與其上T之像同照於 screen S上。F及G為凹 lens, 使通過P之光為平行光線。C 為冷却槽，兩面有透

明玻璃板，中有冷水（長時間實驗時用明礬飽和液）。以吸收熱線，防P及A中 balsam 之燒壞。Q₁, Q₂ 為四分之一波長板，以適當厚度雲母片夾於兩平面玻璃板間，用 balsam 固着者，偏光子P及檢光子A均用Feuser's sprism 第39圖示第38圖上 E'F 兩 lens 及 G'H 兩 lens 各成一體，偏光子P及四分之一波長板Q₁ 又成一體，而 Q₁ 可取去，以求等傾曲線，兩者可旋轉於水平軸，由外周可讀其旋轉角度。

日本理化學研究所與島津製作所之偏光彈性實驗裝置製品，均可充分達本研究之目的。

第 39 圖



25. 模型材料之性質 模型材料用透明等方等質體，且於實驗時所加內力範圍內，其內力與變形必須適合於 Hookes law 材料用玻璃，Celluloid, 及 bakelite 三種。此三者各有長處與短處，下示各性質之重要者。

材 料	抗拉力 kg/cm ²	彈性界 kg/cm ²	彈性係數 E, kg/cm ²	屈折率	內力光係數 Brewster	色生比 $\frac{1}{m}$	色 摘 要
玻 璃	—	—	70,000	1.53	3	0.25	無 脆性
日本製賽璐洛	430	150	20,000	1.52	10	0.40	無幾 粘性
英國製賽璐洛	430	150	22,000	1.53	10	0.40	綠青 粘性
Bakelite	430	430	37,000	1.63	50	—	黃褐 脆性

玻璃對於內力大抵適合於 Hookes law, 且 strain Creep, 較小, 無色透明, 但 Initial Stress 之除去較難, 製成模型不易, 內力光係數小, 得高次色時須用大內力作用於厚片, 而需大形加力裝置。但精密研究時必用玻璃。

Celluloid 製成模型極易而價廉, 切去邊緣之有 Initial stress 部分, 而取中央部用之, 內力光係數約為玻璃四倍, 內力與變形之正比例範圍甚小, strain Creep 較大, Initial stress 極易除去, 此為特長。

Bakelite 之內力光係數為三者中最大, 當 Celluloid 之五倍, 製成模型較易, 幾至破壞前可適合於 Hookes law, 惟除去其 Initial stress 甚難, 若用單色光源, 求多數等明曲線與黑線而攝影之, 且不用比較試驗片而求各點主內力差 $\sigma_1 - \sigma_2$ 又或欲得美麗色線時, 以用 Bakelite 為便。

(未完)

(編者按尚有第三章述偏光彈性學應用實例載於次期)

近代金屬材料中之鋁及其合金

陸 志 鴻

近代工業之進步，一方雖由於學術之猛進，而一方面亦由於材料之改良。飛機因 Duralmin 而進於全金屬時期，汽車因鋁及特殊鋼（Special Steel）而始顯其効，歐美製造之機械之所以耐久而優於國貨者，因適材置於適處，使各能發揮其特長故也，鋁之應用前世紀罕有著者，近十餘年來需要日增，用途益廣，自飛機汽車工業外，對於送電線之應用幾將取銅而代之，其于工業上已占極重要地位，爰草是篇以明研究材料之必要。

第一節 歐戰前之鋁工業

地殼中含鋁占各元素第三位而為金屬元素中第一位。計 7.98%，約當鐵之二倍。就存量言之鋁實遠勝於鐵鎳銅鉛鋅等。因天然與氫化合無遊離金屬，故至 1827 年始為 Wohler 所發見。其製造工業之發達大別之為四時期，即

- (1) 1824 年至 1854 年間科學的研究時期
- (2) 1854 年至 1889 年間小規模純正化學的製造時期
- (3) 1889 年至 1913 年間大規模工業發達期
- (4) 1914 年歐戰以後成為世界的大工業之發展期

鋁工業發達初期全為法國所獨占，1854 年冰晶石（Cryolite）始輸入歐洲，Percy 氏以化學分解，抽出鋁分，1855 年 Rose 氏以電氣分解由冰晶石得鋁，1857 年拿破崙三世時巴里之世界博覽會中有 2 kg

許之鋁塊出品，當時視為珍奇。後化學者 Claire Deville 氏設工場於巴里近郊，因煙害中止，另設新廠，Pechirey 主持之，1872 年其工場產額達 1800 kg，此即自後三十年間為世界最大鋁工場有資本二萬萬法郎之 Compagnie des Produits chimiques d'Alais, Froges et dela Camargue 之前身也，1880 年頃英德美等始着手鋁之製造，礬土 (Al_2O_3) 之還元劑初用鉀，Deville 氏代以廉價之鈉，但還元 1kg 之鋁需 3kg 之鈉，而當時鈉每 kg 價在 700 法郎以上，故 1 kg 鋁至少需 2,100 法郎以上之製造費，其後 Deville 發見鈉之新精鍊法，每 kg 生產費急減為 11 法郎，故至 1886 年鋁價每 kg 自 3000~6000 法郎減低至 84 法郎。於是鋁始得為工業用品，但此時尚含砂，鐵等不純物，對於抗酸與抗蝕性不強，應用範圍亦為所制限。其後鈉生產費每 kg 又自 11 法郎減至 2 法郎，而鋁生產費亦降至 20 法郎，適此時新製造法——Hall-Heroult 電氣化學的製造法——發明而純化學的舊法遂絕跡。

新製造法美國 Hall 氏於 1889 年得專利權，法國 Heroult 氏於 1888 年得專利權。兩氏獨立發明保守秘密，當時僅有工廠四處採用新法，即 (1) Alumiaium Industrie A.G. Neuhausen (瑞士)，(2) Societe Electro-metallurgique Francaise (利用法南部 Isere 河支流建廠於 Froges)，(3) Societe Industrielle de L'Alumiaium et des Alliages (現之 Cie, de Produits chimiques d'Alais et de la Camargue 之前身)，(4) Pittsburg Reduction Co. (此為世界最大鋁廠 Alumiaium Co. of America 之前身，1888 年 Hall 氏以二萬金圓設立，建工廠於 Pennsylvania 州 New Kensington.)

其後 1894 年英國 British Alumiaium co. 得分讓 Heroult 氏專

利權開始製造，但當時諸廠製鋁總原動力不過一萬五千馬力。其後需要增加，設備擴充，至 1900 年總原動力達七萬四千馬力，生產額達 7,310 噸，至二十世紀初十年間該工業急激發展，而 Heroult 氏專利權亦於 1903 終了。新企業者簇出，生產過剩，市價低落。1908 至 1912 年間其根底反危險。各工廠均瀕於窮地，至歐戰勃發前一年 (1913) 鋁工廠數法國有九，瑞士德奧有七，英國那威有五，伊大利有一，美國及加拿大有三。當時各廠地位均限於大瀑布水力發生之處，總動力數達四十九萬九千馬力。而最初設立之五大公司占其大部，有四十二萬三千馬力。

茲將 1914 年以前世界各國鋁之產出狀況分示於下。

第一表 1865—1891 年間鋁之產額(單位公噸)

年次	瑞士德奧	英國	法國	美國加拿大	共 計
1865	—	—	—	—	1.2
1886	10.0	1.0	2.4	2.9	16.3
1887	15.0	1.0	2.0	8.1	26.2
1888	15.0	11.5	4.1	8.6	39.2
1890	40.0	70.0	37.0	28.0	175.0
1891	168.0	53.0	36.0	76.0	333.0

第二表 1890—1913 年間鋁之產額(單位公噸)

年次	瑞士德奧	英國	法國	那威	伊大利	美國加拿大	共 計
1892	237	41	75	—	—	134	487
1896	700	130	370	—	—	590	1790
1900	2500	600	1000	—	—	3200	7300

1904	3000	700	1700	—	—	3500	8900
1907	4000	1800	4700	—	—	11800	22300
1908	4000	2000	4700	—	600	6000	17300

第二表 1890—1913年間鋁之產額(續上)

年次	瑞士德奧	英國	法國	那威	伊大利	美國	加拿大	共 計
1909	5000	2800	6100	600	800	6800	2800	24900
1911	8000	5000	7400	900	800	13000	2300	37400
1913	12000	7600	13500	1500	900	29500	5900	70900

第三表 鋁之市價變動狀況 (每kg 法郎數)

年 次	價 格	年次	價 格
1852	6,000	1903	2.75—3.10
1854	3,000	1904	2.75—3.10
1857	300	1905	4.00—4.65
1857/1886	125	1906	4.00—4.65
1886	84	1907	4.00—4.95
1888	59	1908	1.60—2.50
1890(二月)	34.1	1909	1.55—1.85
1890(九月)	18.75	1910	1.60—2.00
1891(二月)	14.80	1911	1.30—1.55
1891(七月)	9.90	1912	1.55—2.15
1891(十一月)	6.15	1913	2.00—2.20
1902	2.75—3.10		

第二節 歐戰後之鋁工業

歐戰前(1913)世界總年產額僅七萬一千噸，而戰期中 1918 年頓增三倍達十八萬至二十萬噸。其生產量中九成供軍用材料，及戰後仍不甚減。蓋以平和時啓發多數之新用途，茲將戰時及戰後之產量示於下表。

第四表 1913 至 1924 年間鋁產額

(單位 1000 公噸)

年次	瑞士 德奧	法國	英國	那威	意大利	美國	加拿大	世界	總計
1913	12.0	13.5	7.6	1.5	0.9	29.5	5.9	70.9	78.1
1914	15.0	10.0	7.5	2.5	0.9	40.8	6.8	83.5	82.9
1915	12.0	6.0	7.1	2.3	0.9	44.9	8.5	81.7	86.9
1916	20.8	9.0	7.7	4.3	1.1	63.1	8.5	115.1	120.2
1917	26.0	11.1	7.1	7.6	1.7	90.7	11.8	156.0	164.3
1918	34.0	12.0	8.3	6.9	1.7	102.0	15.0	179.9	200.3
1919	31.5	15.0	8.1	3.1	1.7	81.6	15.0	156.0	167.9
1920	31.2	12.4	8.0	5.6	1.7	87.3	12.0	158.2	146.3
1921	27.0	8.5	—	7.0	—	40.0	8.0	90.5	74.5
1922	30.0	12.0	—	1.0	—	50.0	10.0	112.0	117.1
1923	32.5	17.0	8.0	9.6	0.8	90.0	12.0	170.0	179.3
1924	35.0	(a) 28.5	10.0	—	2.0	93.0	16.0	185.5	185.5
1926	32.7	21.0	7.0	22.0	1.8	91.0	18.0	213.5	Metall. Mineral
附註	(a) 合法英及那威							Ges	Ind.

第五表 重要金屬世界產額比較表

(單位 1000 公噸) 括弧中示重量比

年次	鋁	鎳	錫	鋅	銅	鉛
1905	11(1)	13(1.2)	102(9.8)	659(60)	694(63)	969(88)
1910	30(1)	20(0.7)	115(3.8)	810(27)	895(30)	1127(38)
1915	82(1)	35(0.4)	130(1.6)	833(10)	1092(13)	1150(14)
1918	180(1)	41(0.2)	125(0.7)	836(5)	1460(8)	1223(7)
1920	158(1)	24(0.15)	122(0.8)	714(5)	942(6)	910(6)
1922	112(1)	10(0.13)	121(1.1)	702(6)	893(7)	1084(10)
1924	186(1)	?(?)	142(0.8)	966(5)	1372(7)	1322(6)
1925	169(1)	?(?)	149(0.8)	1131(7)	1348(8)	1155(7)

由前表知歐戰後鋁之生產增加率較他普通工業用金屬甚大而超過鎳與錫，茲又將戰前與戰後各重要金屬產額比較如下。

第六表 歐戰前後重要金屬產額對照表

金屬	戰前(公噸)	戰後(1925)(公噸)	增加率(%)
銅	926,698(1914)	1,439,437	+55
鉛	1,107,451(1915)	1,487,755	+35
鋅	878,451(1914)	1,147,451	+32
錫	125,143(1916)	144,788	+16
鋁	69,000(1913)	168,900	+143
鑄鐵(Pig)	77,182,000(1913)	75,509,000	-9.75
鋼	75,019,000(1913)	88,964,000	+12
金(盎司)	21,976,437(1916)	19,061,926	-10

銀(盎司) 180,112,525 241,575,094 +40

故約十年間鋁之增加率遠過其金屬。鑄鐵之減少蓋戰後以特種金屬或其合金代用故也。茲更將 1913 後鋁之市價示於下

年次	德(每公噸金圓)	美(每公噸金圓)
1913	404.97	521.17
1914	393.06	410.72
1915	669.65	749.12
1916	590.13	1338.41
1917	491.11	1137.35
1918	578.35	739.19
1920	570.93	674.84
1922	394.39	411.83
1924	522.63	595.91

歐戰結果鋁之用途特增。自航空機外，汽車發動機之製作，採用鋁合金，能率增加，燃料節省。且鋁之傳熱度大，將來對於發動機之製造材料更將有望。

第七表 歐洲之汽車材料上用鋁量(每輛)

	1920	1923
10HP.	7kg	24kg
12HP.	86kg	135kg
18HP.	86kg	243kg
40HP.	127kg	248kg

第八表 美國汽車材料用鋁量

年次	汽車工業用鋁量對於鋁產額及輸入之百分率	鋁產額 (Short ton)	輸入額
1921	22%	48,000	16,200
1922	25%	60,000	26,070
1924	35%	109,000	15,906

美國對於鋁工業將取獨占方針。Henry Ford 氏因假使其汽車與歐洲同等程度之鋁量使用時，則美國 Aluminum co. of America 產鋁額將盡為福特車所消費。故屢有自營製鋁之計劃，美國之 Anaconda Mining Co. 因鋁為銅之勁敵故曾投鉅款以實驗粘土製鋁，但經濟上尚未達成功之域。

第三節 鋁之現行製造法

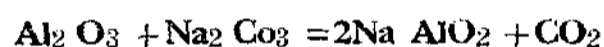
現行製造法分兩段，(一)由原料 Bauxite 製氫化鋁，(二)用電爐融解氫化鋁而電解之，Bauxite ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) 為 Diaspore ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) 及 Gibbsite ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 之混合物，其主要不純物為， Fe_2O_3 ， TiO_2 SiO_2 及粘土等。主要產地為北美之 Arkansas, 南美之英領及荷領 Guiana, 法國南部之 Heroult, Bouches du Rhone, Var 等，羅馬尼亞之 Traasyl vaia, Jugo Slavia, 印度之 Jabalpur, 德之 Hessen 英之 Ireland 等地。化學成分約 Al_2O_3 45—70%， SiO_2 2—3%， Fe_2O_3 3—25%， TiO_2 3%。礦石之品位美國則 Al_2O_3 須在 52% 以上， SiO_2 4.5% 以下， Fe_2O_3 6.5% 以下為限度。法國則 Al_2O_3 57% 以上， SiO_2 3% 以下， Fe_2O_3 14% 以下為限度。

第九表 Bauxite 世界產額(單位噸)

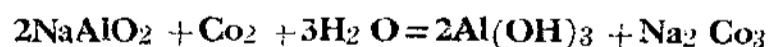
國 別	1916	1918	1920	1921	1922	1924
-----	------	------	------	------	------	------

	著 述					133
美國	431,923	615,443	529,675	141,790	314,587	352,098
法國	110,000	120,000	186,700	84,942	139,176	335,582
英領Guiana	—	4,266	22,438	20,010	—	160,000
Austria	142,326	164,600	362	2,638	4,100	—
荷領Guiana	—	—	—	—	10,333	60,000
Jugo Slavia	—	—	27,860	51,000	31,290	178,520
德國	—	14,353	13,420	—	12,000	10,000
總計	704,393	937,876	810,045	358,563	600,037	1,110,500

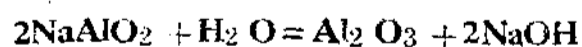
由 Bauxite 製礬土 (Alumina) 有乾式 (Deville-Pechiney Recess) 及溼式 (Bayer Process) 二法。後者用處較廣。乾式法乃用於多鐵而少矽酸之原料。將焙燒之 Bauxite 粉 1 分與重碳酸曹達 1 分至 3 分同加熱于迴轉爐或反射爐中，焙燒至 $1000^{\circ}\sim 1200^{\circ}$ 約二至四小時。則



不純物多不生作用，以水洗之則 NaAlO_2 溶解而 $\text{SiO}_2, \text{TiO}_2, \text{Fe}_2\text{O}_3$ 不溶濾過之。濾液中約含 Al_2O_3 之 $\frac{3}{100}$ 之 SiO_2 ，置于 autoclaw 加 85 lb. 壓力，熱至 160° ，成鈉鋁矽酸鹽。使矽酸鋁沉澱而再濾過之，則僅含 Al_2O_3 之 0.3% 之 SiO_2 然後將濾液送於分解槽，通以 CO_2 則



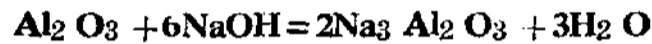
又一部由下式自然分離。



於 70° 靜置 2~4 時間，濾過乾燥之灼成 Al_2O_3 其純度須有 98~99.5% 濾液中含 Na_2CO_3 及 NaOH 可提取苛性鈉副產物，大規模時此副產

物之處置甚困難，故用溼式爲便。

溼式法乃將 bauxite 碎成 100 mesh 以下之細粉，置於比重 1.45 苛性曹達液中攪拌之，送於 auto clav 中以蒸汽熱此液，加壓 50—70 lb. 浸 2—8 時間，溫度 150°—160° 生鉛酸鈉，而 bauxite 中 Al_2O_3 之 90% 溶解液中。



或
$$\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{NaOH} = 2\text{NaAlO}_2 + \text{H}_2\text{O}$$

Fe_2O_3 , TiO_2 及 SiO_2 等不純物不起作用，故導此液至鐵槽靜置四五小時，使不溶物沉澱而濾過之，濾液送於分解槽，加少量氫氟化鋁攪拌之，起分解作用而沉澱 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 而濾液可再取苛性鈉，此 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 含結合水 50%。故入於迴轉爐灼熱至 1,300°—1,400° 而得 Al_2O_3 ，其純度約如下。

Al_2O_3	CaO	NaO	Fe_2O_3	SiO_2	水分
98.7%	0.013%	0.3%	0.007%	0.15%	0.5%

鋁中含 2% 之砂，質脆弱，少抗蝕性。故前兩法所得 Al_2O_3 務須純粹。且砂成 $\text{Na}_2\text{O}, \text{Al}_2\text{O}_3, \text{SiO}_2 + 9\text{H}_2\text{O}$ 或 NaAlSiO_4 複鹽爲不溶性物，故 Bauxite 中鋁及高價試藥均成損失。而 Bauxite 中矽酸含量必須極少。法國南部產 Bauxite 極少 SiO_2 ，故甚有名。其純度如下。

Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	TiO_2	水
56—58%	3—4%	22—25%	2—3%	11—12%

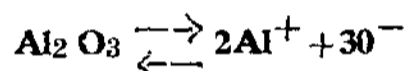
Al_2O_3 既製成後乃用電解法。此法乃 1886 年美國 Hall 氏與法國 Heroult 氏各獨立發明。以溶融 Cryolite 爲電解液。爐底及側壁塗炭層，爲陰極。爐上部懸炭棒爲陽極。通電流赤熱之，投入 Cryolite 使熔融

。再投適量 $Al_2 O_3$ 於熔融液中，則 $Al_2 O_3$ 溶化於 Cryolite，引起陽極使與陰極成適當間隔，保持熔融狀態。則起電解作用，鋁蓄積於陰極面。 Al 與 O_2 分離。 Al 液在 900° 比重為 2.318，而 Cryolite 為 2.08，故鋁沉爐底而無酸化之憂。電解液之組成如下。

AlF_3 59% NaF 21% CaF 20% (Hall)

$3NaFAIF_3$ 28% CaF 15.6% $CaCl$ 3~4% AlF 56.4% (Heroult)

加入之 CaF 乃降其熔融點耳。此電解液可溶解 20% 之 $Al_2 O_3$



$Al_2 O_3$ 之分離電壓 2.8V。因有電解液及電路抵抗，常用 6.5~7.5V，因液中氟素揮發常加 AlF_3 ，電解液溫度為 $700^\circ \sim 900^\circ$ ，電流密度 60~100 amp/m²，數多爐可結成直列。電流常為 7,000~8,000 amp。

製 1kg 鋁需 2kg $Al_2 O_3$ 或 4kg 之 Bauxite, 0.07kg 之 Cryolite 1.7kg 之電極與 27KWH 之電力。

每三四天抽出爐底之鋁一次，分析之或配入鋁再熔於反射爐以平均純度而得鑄塊，鑄塊純度，化學的純品為 99.99%，而市場上有三種。(1) Special 99.5% 以上，(2) No.1 或 Grade A 99% 以上，(3) No.2 或 Grade B 98~99%，茲將 Aluminum Piy 分析例示於下。

製 造 公 司	Cu	Fe	Si	N	Na	Zn	Al
British Al Co.	0.0265	0.1829	0.1557	0.040	—	0.006	99.599
British Al Co.	0.0463	0.1972	0.1356	0.042	—	0.008	99.571
British Al Co.	0.0800	0.4077	0.3910	0.006	—	0.612	99.103
American Al Co.	0.0100	0.2500	0.1300	—	—	—	99.610
American Al Co.	—	0.1000	0.1600	—	0.008	—	99.730

第十表 世界各大製鋁公司產額 (1923)

公 司 名	總事務所地	電解工場地	產額(公噸)
Aluminium Co. of America	Pittsburg	美國，加拿大，那威	101,000
L'Aluminium Francaise	巴 里	法國，瑞士，那威	17,000
Aluminium Industry A.G.		德，奧，瑞士	17,000
Northern Aluminium Co.	Toronto, Canada	加拿大	16,500
German Government	柏 林	德	13,000
British Aluminium Co.	倫 敦	英吉利，蘇格蘭，那威	12,000
L'Alumino Italiano	Milan	伊大利	1,500
Aluminium Corporation	Dolgarrg	Wales	1,000
共 計			179,000

第十一表 各國產鋁能力 (1924)

國 別	電解爐能力(公噸)	百分率(%)
美	125,000	41.67
德	40,000	13.33
法	30,000	10.00
那 威	30,000	10.00
瑞 士	25,000	8.33
加拿大	18,000	6.00
英本土	14,000	4.67
奧	10,000	3.33
伊大利	8,000	2.67
共 計	300,000	100.00

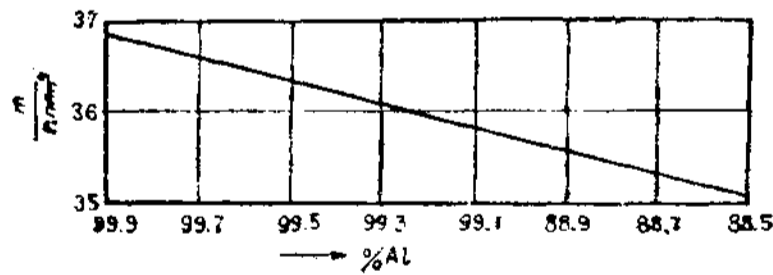
第五節 金屬鋁之性質

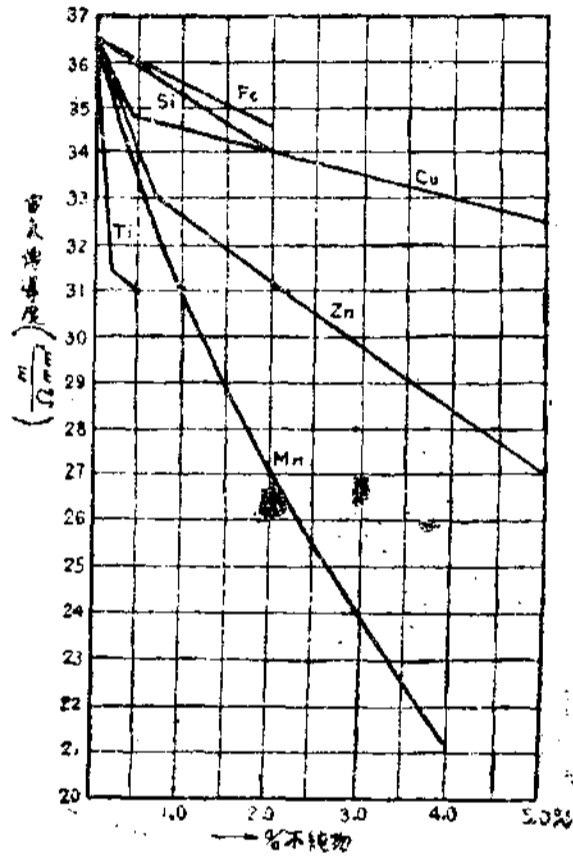
物理的性質概括如下。

比重	融點	沸點	鑄物收縮率(%)	比熱 $\frac{\text{cal}}{\text{gr}^\circ\text{C}}$	融熱 $\frac{\text{cal}}{\text{gr}}$	傳電度 $\frac{\text{m}}{\Omega \text{mm}^2}$	比抵抗之溫度係數	傳熱度 $\frac{\text{cal}}{\text{cmsec}^\circ\text{C}}$	膨脹係數
2.7	658°C	1800°C	1.7~1.8	0.24	100	35	0.00408	0.5	27×10^{-6}

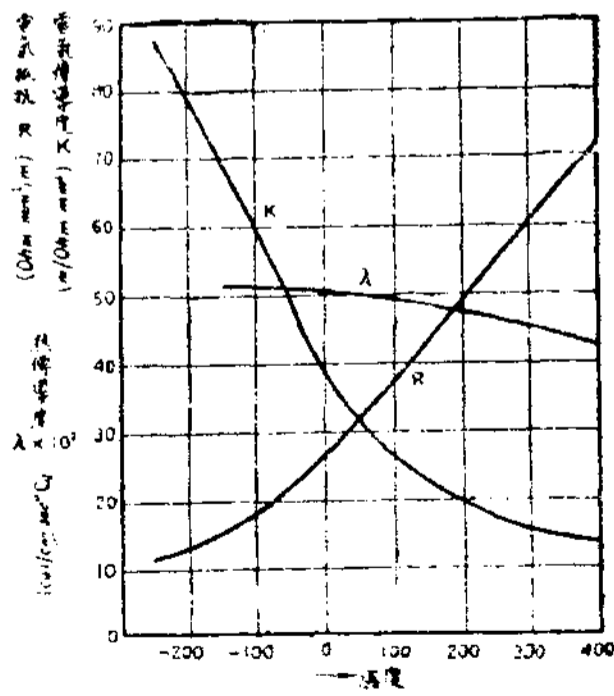
鋁之傳電度與其純度有關係，矽之影響最大，因矽成過飽和之固溶體故也。故鈍燒 (anlal) 至 250°~300° 則矽大部分離。可增其傳電度。第一圖示 300°C 鈍燒後於 20°C 測定之鈍度與傳電度之關係。第二圖示各種不純物對於傳電度之影響。最甚者為 Ti, 其次為 Mn, Zn, Cu, Si, Fe 之順序。但不純物主為 Si, Fe, Cu 三者，故左右傳電度者即此三者耳。第三圖示各溫度之傳電與傳熱度。即常溫附近傳熱度不甚變化。而傳電度變化甚大。

第 一 圖





第 二 圖



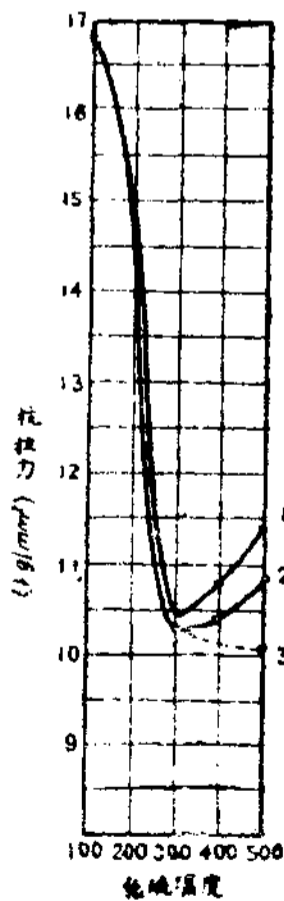
第 三 圖

機械的性質概括如下。

	抗拉力 $\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$	降伏點 $\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$	伸長率 %	斷面收縮 %	Brinell 硬度 H5/62.5/30	剪斷力 $\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$	彈性率 $\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$	剛性率 $\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$
鑄物	9—12	3—4	18—25	40—55	24—32	7—8		
壓延板	18—28	16—24	3—5	60—85	45—60	12—18	7200	2700
鈍燒板	7—11	5—8	30—45	80—95	15—25	6—10		

加工後鈍燒之則軟化。其軟化程度以 250° — 300°C 之鈍燒為最著。更高溫度急冷之則成固溶體，至 580° 以前反增強度而減伸長。一般金屬純燒溫度增高時結晶粒粗大，減強度而增伸長。但鋁因矽之過飽和溶解，與普通金屬相異。純度小者為尤著。但高溫度徐冷之則矽得分離而強度繼續

第五圖

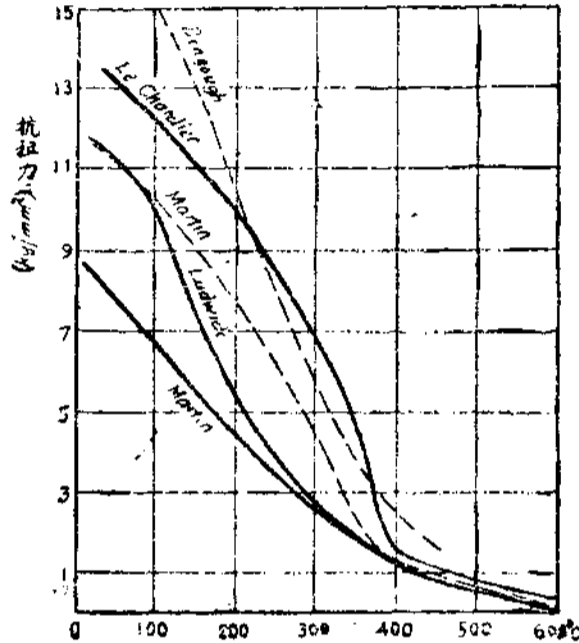


減小。Rohling 氏以鋁板純燒於各溫度，得第四圖。曲線(3)乃以每小時 25° 徐冷之。矽可遊離，強度與溫度同減。反之(2)線以每小時 100° 及(1)線急冷於水中時，則溫度較 300° 增時反減少。要之加工後鋁之純燒溫度以 250° — 300°C 保持30 分間為適當。其再結晶溫度起於 100° — 25° 間。

鋁在高溫時極弱。第五圖示各人就高溫試驗之結果。其中 Le Chatelier 及 martir 曲線乃加工物之強度， 300° 以前較他鈍燒者為強。至 400° 則加工影響全消失。就圖可知由常溫熱至 100° 至 150° 間其強度頓減。此與普通金屬大異。

鋁產額之半多用為純鋁線或純鋁板。其加工

第 四 圖



亦分高溫加工與低溫加工二種。但高溫加工以 425° — 450° 為宜。更高則因熱脆性易裂，較低則因硬而多費動力。

鋁之熔融可用各種之爐。多量時用反射爐少量時用坩堝爐燃料以油或煤氣為最優否則反射爐用煤，坩堝用焦煤。較銅或黃銅費倍量燃

料。坩堝用黑鉛坩堝或鑄鐵。pot, 後者大量且熔融敏速。每日即熔十次，亦可耐十餘日之用。內面以生石灰洗之，則鑄鐵 pot 壽命較長。蓋內面生 Al—Fe 化合物，混入鋁中生 hard spot, 故裝入前須洗 pot 內面，除去化合物。若用鑄鋼製 pot 則易為鋁液腐蝕故不用，又 pot 內面所生氫化鐵被鋁液所還元。成 Fe 與 Al_2O_3 , Fe 入於鋁中，每次熔融約增 0.2% 之鐵，鐵之溶解度因溫度而異，如下。

1100°	$800-900^{\circ}$	$650^{\circ}-670^{\circ}$
15%	1.46%	0.23%

鋁熔液面生非晶質之 Al_2O_3 曰 dross 務用還元性焰以避去之。并避過熱，熔至 $750^{\circ}-850^{\circ}$ 而鑄造之。dross 中尚有平均 40% 之未還元鋁量。故投於水中防其氫化而復收之。平均熔融一次因此 dross 失去 4% 之鋁。 Al_2O_3 熔點為 2050° , 800° 時比重 3.85, 但 Al 液為 2.34, 故 dross 較重。因表面張力而浮於面上。鋁液因愈過熱而吸收多量氣體

。氣體中以 H₂ 為主。避去此氣體，務使鑄造溫度減低

鋁熔解時雖不用熔劑 (Flux)，但因防表面氧化，加 NaCl, KCl 助 Al₂ O₃ 熔解時用氟化阿爾加里。

第六節 鋁之應用

(A) 送電線及其他電機上應用

1899 年美國華盛頓州 Snowcalmie 瀑布發電所曾用鋁線送電至距 32 哩之 Sheattle 市。翌冬遭大風雪，此為鋁送電線之嚆矢。銅產額中過半用於電氣材料。但銅價漸貴，1907 年銅價極昂。而鋁價以容積論漸減低。故電氣工業家屢試用鋁。美法瑞士瑞典德那威等相繼採用今日鋁與銅並用為標準線。近來超高壓送電(十五萬以上至二十二萬 V)及長距離送電事業成功。美國 Alumina Co. 之 William Hoopes 氏發明鋼心鋁線，以補鋁有柔軟性及大膨脹係數之缺點。1913 年 Southern California Edison Co. 用於 387.8 Km 之 60,000Kw 150,000 V 大送電線路。其後由經濟與技術上之要求，各處超高壓長送電線路主用此種材料。

鋁之異於銅者，其比重鋁為銅之 $\frac{1}{3}$ ，其抗拉力鋁為銅之 $\frac{1}{2}$ ，其傳電度對於 Hard-drawn Wire 則銅為萬國軟銅標準之 97% 而鋁為其 60%。

種類	比重	傳電度 $(\frac{m}{\Omega mm^2})$	傳熱能 $(\frac{cal}{cmsec c})$	膨脹係數	彈性率 $(\frac{kg}{mm^2})$	抗拉力 $(\frac{kg}{mm^2})$	可容內力 $(\frac{kg}{mm^2})$
銅線	9.00	58	0.895	0.000017	12300	44	20
鋁線	2.71	33	0.504	0.000024	7200	20	9

硬銅線密度為 8.91，硬鋁線密度，2.84。今設此赤白二金屬長度相等部，使電氣抵抗為同一時，則鋁之斷面積為銅之 1.6 至 1.7 倍。而該

部鋁之重量僅當銅之半。故鋁 1kg 之價小於銅 kg 價之二倍時，則鋁較銅在經濟上為有利。茲將電氣銅市價示於下。

第十二表 電氣銅市價 (1906—1913)

年次	銅平均價(每 kg 法郎)	銅倍價(法郎)	鋁價(每 kg 法郎)
1906	2.25	4.50	4.00—4.65
1907	2.34	4.68	4.00—4.95
1908	1.53	3.06	1.60—2.50
1909	1.50	3.00	1.55—1.85
1910	1.47	2.94	1.60—2.00
1911	1.43	2.86	1.30—1.55
1912	1.88	3.76	1.55—2.15
1913	1.77	3.54	2.00—2.20

鋼心鋁線之鐵心與鋁之斷面比以 1:6 為最有利。7 線絞成者，中心一線為鐵心，37 線與 61 線絞成若中心 7 線為鐵心。鋁線抗拉力可視為 $18 \left(\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \right)$ 為安全，其可容內力 (Allowable stress) $9 \left(\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \right)$ 。鋼心鋁線之抗拉力 $125 \left(\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \right)$ ，可容內力 $11 \left(\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \right)$ 。純鋁線之支柱距離安全上不得超過下之範圍。但鋼心鋁線無此限度。

35mm² 線 50mm² 線 70mm² 線 95mm² 線 120mm² 線 150mm²

70 m 100 m 125 m 160 m 200 m 250 m

鋁送電線之經濟的最大電壓，在熱帶為 165000 V，寒帶為 120000 V，使用上 100,000V 以下則視價格而定銅與鋁之得失。在 100,000V 以上之長距離送電，則鋁線斷面積較大，而 Corona loss 小，故常有利。

送電線目下雖由純鋁線而改為鋼心鋁線，但鋼心線亦有弊點。因鐵與鋁膨脹係數不同，溫度激變之處，兩線之膨脹收縮不一致。因之鋁線鬆弛，其間隙中溼氣進入腐蝕鐵心。故最近又有用鋁合金之送電線。此合金條件須使傳電度不過小於鋁之 $35\left(\frac{\text{m}}{\Omega \text{mm}^2}\right)$ ，至少須 $30\left(\frac{\text{m}}{\Omega \text{mm}^2}\right)$ 。而抗拉力至少須 $30\left(\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}\right)$ 。後述之 Duralumin 雖有大強度而傳電度小，僅 $20\left(\frac{\text{m}}{\Omega \text{mm}^2}\right)$ 。合金 Aldrey 含 Si(0.5—0.6%)，Mg(0.4%)由 550° 硬燒後常溫加工之再鈍燒至 160° ，可得 $37\left(\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}\right)$ ， $32\left(\frac{\text{m}}{\Omega \text{mm}^2}\right)$ 。又德國之 Aludur 533 (Mg 0.4—1.0% Si 0.7—2.0%) 及 Montegal 用於高電壓之中空管綫，傳達度，強度及抗腐蝕性均佳。

名 稱	比重	傳 電 度 $\left(\frac{\text{m}}{\Omega \text{mm}^2}\right)$	膨脹係數	彈性率 $\left(\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}\right)$	抗拉力 $\left(\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}\right)$	彈性限界 $\left(\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}\right)$	伸長率 %
Aldrey	2.7	32	0.000023	6500	32—38	27	6
Aludur	2.7	30—32	0.000025	6500	27—30	17—20	3.6
Montegal	2.7	31	0.000026	6500	30—36	—	—

鋁線用為電纜 (Cable) 時，同抵抗之直徑較銅線增大，直徑大則導熱面大，可負多量電流。故溫度上昇規定時，可用較抵抗所需者稍細之電纜。

戰時中德國因銅之輸入斷絕，用鋁線鐵線代架空線，用鋅線代橡皮線。變壓器及電機之捲線均以鋁線代之。Brown Boueri 公司就 62 KW. 750 r.p.m. 電動機將各種捲線比較其價格如下。

銅	鋁	鋅	鐵
1.00	0.968	1.507	1.618

最近鋁之用於電機者如 armature, rotor, shovt Circuit Cage 之鑄物。通風用之 rotor, 不感磁性部分, 與 Brush holder 等, 鋁線接續較銅困難, 此其弊耳。

(B) 機械及器具等之應用

鋁之應用達四百餘種。若價格低廉, 可代銅, 黃銅 (Brass), 及青銅 (Bronze) 等之用。近時世界產鋁額之半製造合金, 其他半額製為板, 線, 條, 管, 粉, 箔等。而鋁板大部用於汽車工業。要之鋁之應用自炮架, 油機 (Oilengine) 上部分品, 電燈用具, 飛行機, 汽車, 度量衡器, 化學工業用具, 機械器具部分品, 以至照相器, 望遠鏡, 測量器, 探照燈部分品等等, 或為純鋁鑄造, 或為其合金。

鋁板重量最輕而價格之廉次於鐵。家庭用具, 烹飪用具, 化妝用具及汽車製造, 飛機之 Panelling 等均有鋁板之應用。釀造工業用之 Fermentation Vats, yeast tanks 等尤非鋁板製造不可。

鋁箔厚 0.002—0.0005 吋者用於糖果, 咖啡, 茶, 香烟等包紙, 及電氣用 Condenser 等。鋁粉用於 Thermit, 油漆材料, 金屬防銹及炸藥 Ammonal 等。

鋁管通常外徑 5—15 mm, 用於 Condenser tube, Cooling coil, gasoline fuel line on aircraft, mandrils for hose and inner tubes in rubber work 等等。

第七節 鑄造用合金

鋁產額之半用製合金。合金之大部為 Sand Casting, 其他尚有 die casting 與 permanent mold casting。至於鍛鍊用合金僅飛機工業上用之。鍛鍊合金以加工容易為要件, 因鍛鍊與熱處理可增其強度。主為比

重較輕而近於純鋁之合金。但鑄造用者須鑄造容易，而有相當強度，主為比重較高而融點低之合金，純鋁鑄造則製作困難而強度小，故用合金。鑄造合金主為 Al-Cu, Al-Zn, Al-Si, Al-Cu-Zn, Al-Cu-Si 各系。其比重在 2.4—3.3 間者為輕合金。就中 92:8 之 Al-cu 合金為標準。輕合金導熱度為鑄鐵之三倍。適於內燃機之用。故如 Piston, Intake and exhaust manifold, cylinder head Covers, cylinder water outlet and inlet elbow and tee, connecting rod, cylinder block, crank case, oil pan, fan and fan pulley, Carburetor, timing gear cover brackets 等等。飛機發動機上用輕合金時每馬力重量可在 2 lbs 以下。

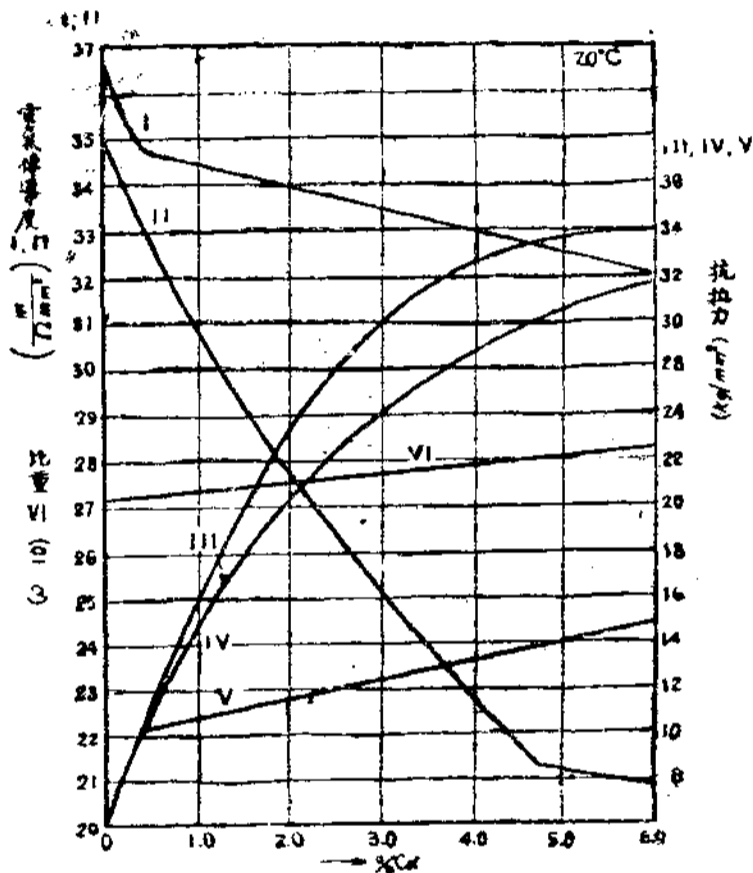
汽車上用 92:8 之 Al-Cu 合金所鑄造部分如 Cast bodies transmission cases, differential and worm gear housing, gear covers, radiator header and shells, wheel hub caps, magnet brackets, housing for starting, lighting and ignition out-fits, number plates, handles door sill bread frames, steps, control levers, 等等。

Al—Cu 合金 其性質總括於第六圖。比重自 Al 之 2.71 至 Cu 8% 合金之 2.88 (金屬型鑄物) 為直線的變化。但砂型鑄物較減 0.02—0.03。傳電度曲線 I 乃鈍燒於 300° 之標準狀態，Cu 溶解至 0.4% 時急減，其後與 Cu 量成比例。曲線 II 乃硬燒 (hardening) 於 550° 者，溶至 5% 時急減，其後與 I 平行。

機械的性質與熱處理亦關係。曲線 V 為 300° 鈍燒之抗拉力，曲線 IV 為 550° 硬燒者。Cu 至 0.4% 以前兩線一致，曲線 III 乃硬燒於 550°，而又反燒 (temper) 至 160° 者。反使硬燒效果顯著。

工業上有用範圍 Cu 在 16% 以下。Cu 超過 5% 者脆而不適於加

第 六 圖



工。故 Cu 4% 附近之合金用為鍛工材料，乃 Duralmin 代用品，Cu 7—9% 者美國用為鑄造合金，蓋 Cu 較少者鑄時收縮大，較多者過脆弱也。

鑄造用合金昔為 Al-Zn 系，但 Al-Cu 者易鑄，且不若 Zn 之使比重過增故美國大多用

Cu 8% 之 Al-Cu 合金即所謂 No.12 合金是也。其性質如下：

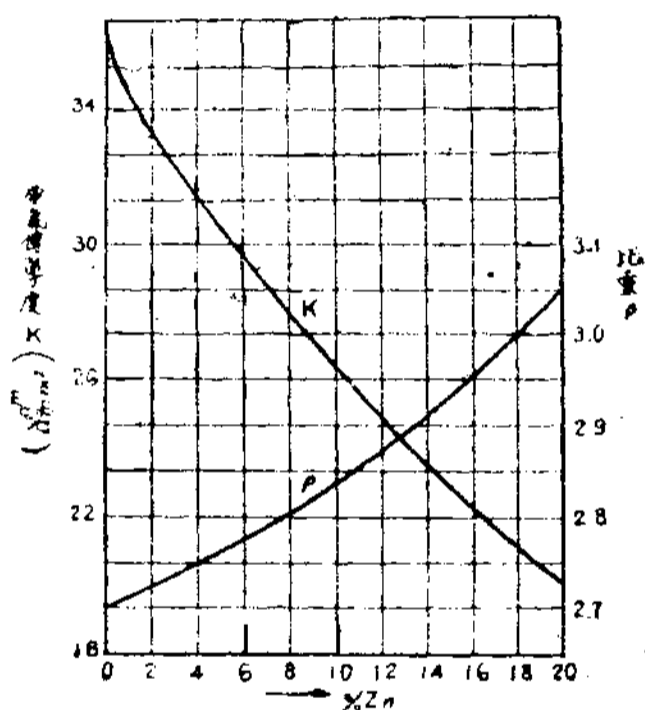
比 重	凝固溫度	鑄縮率(%)	比 抵 抗	傳 熱 度	膨脹係數
			$\left(\frac{\text{mm}^2}{\text{m}}\right)$	$\left(\frac{\text{cal}}{\text{cm}^2 \text{sec}^\circ\text{C}}\right)$	
2.85—2.9	640°—544°	1.25(砂型) 1.40(金屬型)	0.0485	0.333	0.0000246

	抗拉力 $\left(\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}\right)$	伸長率(%)	Brinell 硬度
砂型鑄物	12—16	2—4	63
金屬型鑄物	12—18	3—5	68

Al-Cu 合金雖高溫亦不減強度。故 No.12 合金外含 Cu 18% 者用

於汽車 piston 鑄造用。

Al-Zn 合金 第七圖中 K 示 500° 鈍燒之各含 Zn 量合金線之傳電度。曲線 p 示砂型鑄物之比重。由 Al 之 2.71 增至 Zn 20% 之 3.05。金屬型鑄物及常溫加工者較增 0.025—0.05。工業上所用範圍乃 N15—



20% 者。鑄物強度自鋁之 $7 \left(\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \right)$ 增至 Zn 25% 之 $25 \left(\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \right)$ 。增加約成比例。伸長率則自 Al 之 40% 減至 Zn 20% 之 5%，此合金對於衝擊試驗及疲勞試驗均低，又高溫時強度急減。較銅合金雖價廉因多缺點，故鮮用之。Zn 超過 30% 者不能熱加工。製薄

板 (0.2mm) 時 Zn 20% 者已易裂。

Al-Cu-Zn 各金 此合金主用於德英。美國則鑄造合金中之 60% 用前述 N0.12 之合金，其餘 40% 用 Al-Cu-Zn-Ee 合金 (87:2:10:1) 此系合金降伏點 (yield point) 甚高，多用於砂型鑄物。若金屬型鑄物因含 Zn 易生裂，鑄物用成分中含鋅高者 Zn 20—25%，Cu 3—5%。但一般 Zn 15% 以下，Cu 2—8% 者為多。尤以 Zn 8—12%，Cu 2—5% 最普通。但鋅多者銅少，銅多者鋅少。Cu+Zn=14% 以上者須避之。今將 Cu 2—5%，Zn 8—12% 之德國系輕合金示下。

比 重	融點	鑄造溫態	鑄縮率(%)	比 抵 抗 ($\frac{\rho}{m}$) ($\frac{g}{mm^2}$)	傳 熱 度 ($\frac{Cal}{cm \cdot sec \cdot ^\circ C}$)	膨 脹 係 數
2.9—2.5	約530°	680°—700°	1.36(砂型) 1.50(金屬型)	0.518	0.315	0.000239

	抗 拉 力 (kg/mm^2)	彈 性 限 (kg/mm^2)	降 伏 點 (kg/mm^2)	伸 長 率 (%)	Brinell 硬 度
砂型鑄物	15—18	4—3	6—10	1—3	70
金屬型鑄物	15—20	—	—	2—6	75

Al-Si 合金 此物因遊離之矽成片狀而脆弱，故雖早為世人所知而未實用。但 1921 年 Alagar Pacz 氏以氟化鈉為主成分之 flux 處理此 Al-Si 融體，則矽化為微粒。鑄物抗拉力達 $20(\frac{kg}{mm^2})$ 前後。伸長率達 10% 前後。故 Al-Si 合金之普通組織者曰 normal alloy，處理後者曰 Modified alloy 此 modified alloy 美國稱曰 Alpax，法國稱曰 Aladar，德國稱曰 Silmin。如此特別處理後之合金有種種利點，即比重較鋁輕為 2.6，流動性佳，鑄縮率小，無熱脆性，而抵抗腐蝕。其成分 Si 12.8—13.2% 為最佳。

Al-Cu-Si 合金 Silmin 與 Alpax 組織雖微密，鑄造性雖佳，強韌度雖凌駕他合金，但精製不易。故加銅以補救之。通常用 Si 13% 以下，Cu 8% 以下，而以 Si 3—5%，Cu 3—5% 者最佳。以韌度為主者多加矽，以精製面平滑為主者多加銅。例如

Lautal: Cu 4%，Si 2%

性 質	砂 型 鑄 物		金 屬 型 鑄 物	
	鑄 造 者	熱 處 理 者	鑄 造 者	熱 處 理 者

抗拉力 ($\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$)	12—20	16—25	17—25	20—30
伸長率(%)	4	4	<10	<10
硬度(H5/250/30)	55—60	65—70	66—80	90—110

Cu 4.5% , Si0.8% 合金 (Daniels and Warner)

材 質	比重	抗拉力 ($\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$)	伸長率(%)	Brinell 硬度 (H 500)
鑄造者	2.8	12—15	1.5—3	56—60
墊處理者	—	20—23	2—6.5	70—78

其他雜種輕合金略如下。

K.S. Seewasser. 含 Mn 2.5% , Mg 2.25% , Sb 0.2% 之合金。抗腐蝕力甚大。海水中防蝕部用之。

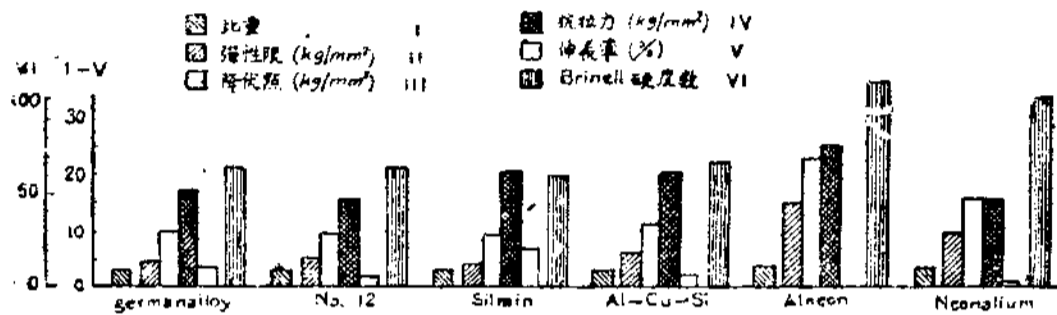
Alneon: Zn 22—7% , Cu 2—3% , Fe+Si 及其他元 } 鑄造後。發
素 0.5—1% } 生時效硬化

Neocalium: Cu 6—14% , Fe+Si 及他元素 0.1—1% } 增加強度

前者鑄造後二週，後者二週至三週間達一定強度。前者不用於 150° 以上之高溫。

總括上述各鑄造用輕合金中最重要為美國之 No.12 合金 (Cu 8% , Al 92%)。次為德國之 Al-Cu-Zn 合金 (Cu 2—5% , Zn 8—12%)。此用於歐洲，美國則再加 Fe 1% 者亦通用，其次為 Silmin 或 Alpax, 含矽 13%。此通用於各國。又其次為 Al-Cu-Si 合金，例如 Lautal (Cu 4% , Si 2%) 等物。其外尚有德國之 Alneon 及 Neocalium, 次示此等六種輕合金性質簡括於第八圖

第 八 圖



Piston 用輕合金 Gibson 氏謂鑄鐵製 piston 因重量大能力較鋁合金小 6%，每馬力之 Gass line 消費量較多 8%。且最高溫度鑄鐵製者較鋁製為高。輕合金 piston 均為 die-casting，其強度須至高溫不失，且膨脹係數與摩擦係數均須小。Wear 抵抗須大而傳熱度須佳。故柔軟地質中填以硬質組成為佳。美國之 No.12，英國之含有 Cu 12% 之 L8 合金，德國之含 Cu 16% 之合金，及法國之 Cu 10%，Sn 3%，Ni 1% 合金均為 piston 合金材料。其他 Rosenhin 之 Y 合金 (Cu 4%，Ni 2% Mg 1.5) 在高溫亦有相當強度。此等合金中，於 Al dendrite 中填以硬質化合物，磨滅與摩擦均小。實際所用之 Piston 合金概括如下。

銅 類

名 稱	主 要 成 分 (%)	其 他 成 分 (%)	比 重	傳 熱 度 ($\frac{\text{Cal}}{\text{cmsec}^{\circ}\text{C}}$)	抗 拉 力 ($\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$)	伸 長 率 (%)	硬 度 (H10/500 30)
普通 Piston	Cu 12—20	—	3—3.2	0.33—0.36	15—20	1—0.5	90—120
K.S. Piston	Cu 16	Ni 0.3, Mg 0.3	3.1	0.33—0.36	15—20	0.5	110—130
Duralmin piston	Cu 4.2	Mg 0.5, Mn 0.6	2.8	0.33—0.36	40—45	15—20	110—125
K.S. Piston alloy 245	Si 12, Cu 5	Mn 1.0, Ni 1.5, Mg 0.7	2.8	0.33—0.36	15—20	0.5	110—130
Super piston alloy	Si 20, Cu 5	Mn 2	2.7	0.33—0.36	15	0.5	110—130
Alusil	Si 18—22	Cu 1	2.6	0.33—0.36	14	1—2	80—90
Elektron piston	Al 6—10 Si 2—3 Mg 殘部		1.8	0.32—0.38	28—30	4	65—70
鎳鐵			7.3	0.14	20	0	180

第八節 鍛鍊用合金

鍛鍊用合金主為 Duralmin，此合金乃 Wilm 氏於 1903 至 1911 凡九年間研究而得。因德國 Dürener Metallwerk A.G. 而名。Wilm 之成分為 Cu 3.5—4.5%，Mg 1.5—1.0%，Mn 0.5—1.0%，Si 0.5%，但今日凡因熱處理（Heat treatment）而起時效硬化者總稱為 Duralmin，其成分與 Wilm 氏相異者甚多。Duralmin 不適於鑄造。將鑄塊（Ingot）鍛鍊於高溫，硬燒後由時效硬化始發揮其特性。

起時效硬化之鋁合金分三種。(I)如普通 Duralmin 等含 Mg 或 Li 硬燒於 500° 附近，放置常溫中四五日而自然硬化，(II)如 Alural 等硬燒後加熱於 120°—150° 而為人工硬化。(III)如 Konstruktal 並施人工與時效硬化。

次表示 Duralmin 系合金。其 I, II, III 即上之三種。

名 稱	Cu	Mg	Si	Zn	Mn	其他元素	硬化成分
I {	Duralmin	4.2	0.5	0.4	—	0.6 Fe 0.3	Cu, Mg, Si
	"E" Alloy	2.5	0.5	0.2	2.0	0.5 Fe 0.2	Zn, Mg, Si, Cu
	Skleron	3.0	—	0.4	6.0	1.0 Li 0.2 Fe 0.3	Zn, Li, Si, Cu
II {	Aleron	4.2	—	1.2	—	0.5 Fe 0.3	Cu, Si
	Aludur 533	—	0.4—1.0	0.7—2	—	— Fe 0.3	Mg, Si
	Aludur 570	2—5 .5	0.2—0.7	0.7—1	—	— Fe 0.3	Cu, Mg, Si
	Aldrey	—	0.3—0.5	0.4—0.7	—	— Fe 0.3	Mg, Si
	Lautal	4.2	—	2.0	—	0.5 Fe 0.3	Cu, Si
III {	Konstruktal 2	1.2	1.0	0.5	—	0.5 Ti 0.5 Fe 0.3	Cu, Mg, Si
	Konstruktal 8	—	2.0	0.4	8.0	1.0 Fe 0.3	Zn, Mg, Si
	"Y" alloy	4.2	1.5	<0.35	—	Ni 2.0	Cu, Mg, Si

此等合金完全鈍燒者，拉抗力 $18-25 \left(\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \right)$ ，伸長率 $10-14\%$ ，Brinell 硬度 $54-60$ 與含 $3-6\%$ 之銅之 Al—Cu 合金相似。但鍛練之而硬燒放置五六日硬化時，約與 $0.2\%C$ 之軟鋼相匹敵。即如下。

比 重	彈性率 $\left(\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \right)$	彈性限 $\left(\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \right)$	抗拉力 $\left(\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \right)$	降伏點 $\left(\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \right)$	伸長率 (%)	Brinell 硬燒	Shore 硬度
2.7—3.0	6500— 7500	20—27	35—50	25—30	20—25	100—140	15—30

普通 Duralmin 即 Wilm 之 Simple duralmin，其硬化僅恃 Cu, Mg, Si 三元素。Si 含于鋁塊，Cu 及 Mg 另加入之。Mn 不過助硬化耳。銅由 Al 50 Cu 50 之 mother alloy 加入，Mn 由 Al 75 Mn 25 之 Mangan alu minium 加入。Mg 用固體加入於鋁熔液中，Duralmin 當高溫與常溫均可加工。高溫加工在 $450^{\circ}-480^{\circ}$ 為宜。或于高溫壓入“die”中而成形。但因內部摩擦大，較鋼鐵須用大力，或反覆數次加工。高溫加工對於薄板至 $4-5 \text{ mm}$ ，棒類至 8 mm ，其上則用常溫加工。因較純鋁硬，須中間數次鈍燒。常溫加工一般鈍燒後施行但市場上之半製品可將板或棒硬燒後 24 小時內時效硬化未開始前加工。硬燒液用硝酸鹽，使各部溫度均一。加熱時用度分布較均一之 Muffle 為宜。加熱時間因材料大小而異。小形者 $15-20$ 分，大者 45 分至二小時。硬燒溫度以 500° 土 20° 為標準。由 Pyrometer 調整之。硬燒後置常溫中數日間使起時效硬化 (Ageing)。

比重	融點	鑄造硬度	傳電度 $\left(\frac{\text{m}}{\Omega \text{mm}^2} \right)$	抗拉力 $\left(\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \right)$	伸長率 (%)	彈性率 $\left(\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \right)$	Brinell 硬度
2.8650	800°		20—21	38—44	17—21	6500—7400	115—120

“E” Alloy 或 Zinc Duralmin 原含 Zn 20% 用於 Zeppelin 飛艇其後改良，於普通 Duralmin 中加 15~20% 之 Zn，即

Cu 2—3% , Zn 15—20% , Mg 0.25 0.5% , Mn 0.25—0.5%

其最着者為 “E”, “F”, “G”, 合金。

	Cu	Zn	Mg	Mn	Si	Fe
“E”	2.5	20	0.5	0.5	0.2	0.2
“F”	2.5	20	0.5	0.5	0.75	0.2
“G”	2.5	18	0.35	0.35	0.80	—

	抗拉力 ($\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$)	伸長率 (%)	比重
“E” 300° 鈍燒	40	20	3.1
400° 硬燒時效後	61.5	10	3.1
“F” 硬燒時效後	55.0	18	3.1
“G” 硬燒時效後	54.0	19	3.1

此合金因 Zn 而易腐蝕，加工時易生裂，但削去鑄塊表面後易加工。加工溫度 300°—350° 硬燒溫度 350°—450°，

Skleron 含 Zn 12% , Cu 3% , Li 0.1% , Mn 0.6% , Si 0.5% , Fe 0.4% , 之合金。上之 Zinc duralmin 以 Li 代 Zn 者。Zn 量低故高溫與低溫均可自由加工。鈍燒乃行於 290°±10° 約一小時保持之即可。鍛鍊後保持於 470°—480° 約三十分至三小時，而後硬燒於水中，經過四日可得相當性質。

比 重	傳電度 $\left(\frac{m}{\Omega mm^2}\right)$	傳熱度 $\left(\frac{cal}{cmsec^\circ C}\right)$	彈性率 $\left(\frac{kg}{mm^2}\right)$	抗拉力 $\left(\frac{kg}{mm^2}\right)$	伸長率(%)
2.9—3.0	16.7	0.24—0.26	7200	40—50	10—15

Aldrey 乃不含銅之 duralmin, 含 Mg 0.3—0.5%, Si 0.4—0.7%, 高溫加工須 400°—450°, 常溫加工亦可能。硬燒後常溫加工之可改善其機械的性質。此為其特徵。硬燒溫度 350°—550°, 再於 120°—200° 加熱數十小時使起人工硬化。此合金傳電度佳, 可作送電線。

比重	傳電度 $\left(\frac{m}{\Omega mm^2}\right)$	20° 抗拉力 $\left(\frac{kg}{mm^2}\right)$	伸長率(%)	彈性率 $\left(\frac{kg}{mm^2}\right)$
2.7	30	31.5	5	6500

Aludur 有二種。較 duralmin 含多量之 Mg, Si, 而無 Mn。

	Cu	Si	Mg	Fe
Aludur 533	0	0.7—2.0	0.4—1.0	0.3—0.5
Aludur 570	2.5—5.5	0.7—1.0	0.2—0.7	0.3—0.5

高溫加工須 400°—450°, 常溫加工亦可能。拉成線或薄板。鈍燒溫度 350°—400°, 硬燒溫度 480°—520°, 硬燒後加熱於 130°—160 共 10—30 小時而為人工硬化。

	比 重	傳 電 度 $\left(\frac{m}{\Omega mm^2}\right)$	彈 性 率 $\left(\frac{kg}{mm^2}\right)$	抗 拉 力 $\left(\frac{kg}{mm^2}\right)$	伸 長 率 (%)	硬 度
鈍燒 533	2.65—2.70	30—32	6330	16—22	27—20	40—50
硬化 533	2.65—2.70	28—32	6800	25—36	18—8	70—100
鈍燒 570	2.75—2.85	27—29	6400	18—23	25—28	50—60
硬化 570	2.75—2.85	27—26	7000	38—46	22—10	90—130

Lautal 可用於鑄造及鍛鍊。含 Cu 4% , Si 2% , 乃 Al-Cu-Si 合金。鑄塊加熱於 440°—480° , 充分加工。最後之 Finishing 用常溫加工。再加硬於 490°—510° 而硬燒水中。然後加熱於 120°—145° 約 16—48 小時方起硬化。小形物可低溫短時間。

	比重	傳電度 $\left(\frac{m}{\Omega \text{mm}^2}\right)$	抗拉力 $\left(\frac{kg}{\text{mm}^2}\right)$	伸長率(%)	硬 度
鈍燒者	2.75	27—28	23	18—28	50—55
僅硬燒者	2.75	22—23	30—35	18—25	70—80
人工硬化者	2.75	22—23	38—42	18—25	90—120
再加工者	2.75	——	45—60	13—5	100—135

“Y”合金 此為 Rosenhain 所研究者。用途不多初時目的在於 Piston 鑄造用。加 1% 之 Mn 於 Al-Cu 中則在 250° 附近反比常溫之強度大，難於製作，且傳熱度不佳，對於 Pitom 合金為不適用。

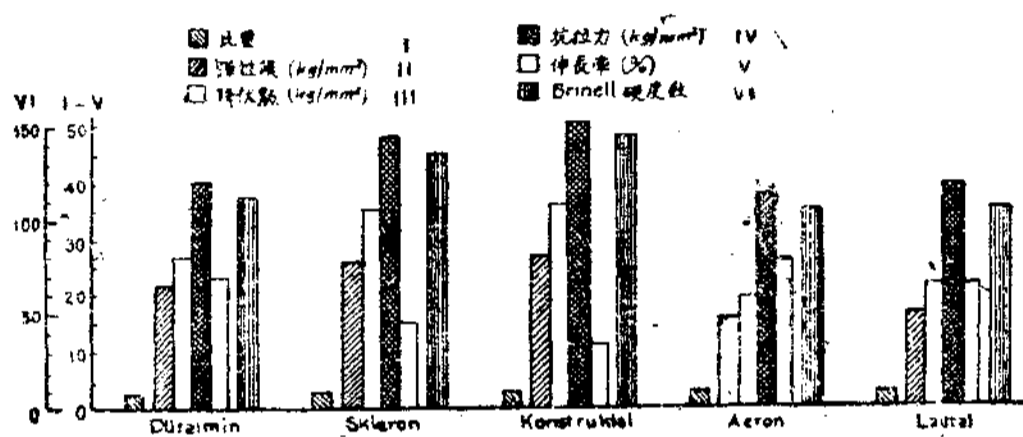
其後加 Ni 1.5% 於 Al-Cu (Cu 4%) 合金中，再加 1.5% 之 Mg 則有適當性質。故現之標準成分為 Cu 4% , Ni 2% , Mg 1.5% 。250° 時強度減小 10% , 砂型鑄物力 $17.5 \left(\frac{kg}{\text{cm}^2}\right)$ 伸長率 2% , 金屬型鑄物為 $20.5 \left(\frac{kg}{\text{mm}^2}\right)$, 2% 。

此合金含 Ni, 故 300° 以上甚粘。300°—450° 易鍛鍊，故用於鍛鍊為有利。硬燒溫度 520°—530° , 浸於熱水中冷卻。放置四日間起熱化。再置沸水中人工硬化之。

比重	傳熱度 $\left(\frac{\text{cal}}{\text{cm}^2 \text{sec}^{\circ} \text{c}}\right)$	抗拉力 $\left(\frac{kg}{\text{mm}^2}\right)$	伸長率(%)
2.8	0.37—0.40	33—44	25—17

上述各種 Duralmin 系合金總括示於第九圖。

第 九 圖



數種國產水泥試驗結果

陸志鴻

本試驗依美國材料試驗協會規定方法，就市場上購買數種水泥，於十八年十月至十二月間試驗所得結果，但各種水泥似有因製造先後而異其性者，拉試驗用美國 Riehle 1,000 磅試驗機，壓試驗用瑞士 Ansler 20 噸試驗機及 Riehle 50,000 磅試驗機，壓試驗用 2 對立方型，Mortar 用美國標準砂，

Table 1. — Fineness of Grinding (%)

No.	Over 100 mesh					Over 200 mesh				
	馬牌	塔牌	太山牌	象牌	太山牌特別	馬牌	塔牌	太山牌	象牌	太山牌特別
1	2.0	5.0	1.0	1.5	0.8	22.0	31.5	13.5	12.0	9.5
2	2.5	5.5	1.0	1.0	0.2	23.5	29.0	12.0	12.0	9.0
3	2.0	5.5	1.5	1.0	0.1	23.0	28.5	12.9	12.5	11.0
4	2.0	5.0	0.9	1.0	0.5	22.0	28.0	12.9	12.5	9.0
5	2.5	6.0	1.2	1.0	0.5	23.5	29.5	13.2	13.0	10.0
6	3.0	—	1.0	0.8	0.5	23.5	—	11.5	13.0	9.5

7	2.0	—	1.5	—	—	20.5	—	13.5	—	—
8	2.0	—	—	—	—	24.0	—	—	—	—
9	1.5	—	—	—	—	21.0	—	—	—	—
10	2.5	—	—	—	—	19.5	—	—	—	—
Mean	2.2	5.4	1.2	1.1	0.4	22.3	29.3	12.7	12.5	9.7

Table 2. — Specific gravity

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mean
馬牌	3.113	3.125	3.125	3.110	3.122	3.113	3.110	3.125	—	3.118
塔牌	3.125	3.103	3.125	3.125	3.148	3.148	3.148	3.140	3.148	3.134
太山牌	3.148	3.159	3.148	3.140	3.161	3.155	3.155	3.152	3.155	3.153
象牌	3.110	3.110	3.125	3.113	3.110	3.103	—	—	—	3.112
太山牌特別	3.081	3.088	3.132	3.025	3.045	3.073	—	—	—	3.074

Table 3. — Normal Consistency

馬牌	塔牌	太山牌	象牌	太山牌特別
23.71%	22.60%	24.00%	25.33%	24.60%

Table 4.—Time of Setting (at 22°C)

Method	Initial Set						Final Set													
	馬牌		太山牌		象牌		太山牌特別		馬牌		塔牌		太山牌		象牌		太山牌特別			
	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M		
By Vicat's Needle	1	58	2	30	3	18	2	54	2	53	4	5	4	42	6	6	6	0	4	55
By Gilmore Needle	2	18	2	50	3	52	3	38	3	3	4	28	6	15	7	35	7	29	6	9

Table 5.—Tensile Strength of Neat Cement (lbs/in²)

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mean
Iday age { 馬牌 塔牌 太山牌 象牌 太山牌特別	180	165	165	150	172	170	158	174	158	166
	277	273	270	255	240	265	265	250	260	262
	150	150	154	128	140	136	115	145	120	138
	130	115	120	112	110	—	—	—	—	117
	280	290	305	300	280	305	295	305	250	290
馬牌	595	622	500	610	550	685	605	613	—	598

Week age	塔	牌	525	495	445	515	535	445	480	460	460	484	
													4 Weeps age
	太	山	724	803	795	685	630	825	855	860	860	772	
	象	牌	725	613	645	684	664	610	618	730	730	661	
	太	山牌特別	835	830	845	805	790	730	730	705	705	784	
	馬	牌	698	635	642	685	675	618	685	685	685	666	
	塔	牌	650	670	673	687	692	665	747	710	710	687	
	太	山	780	700	810	855	790	795	820	885	885	804	
	象	牌	685	800	630	620	720	660	745	825	825	711	
	太	山牌特別	850	860	900	830	830	830	800	790	790	828	

Table 6.—Compressive Strength of Neat Cement (lbs./in²)

Day age	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mean	
												馬
	馬	牌	858	968	776	963	776	935	864	897	880	
	塔	牌	1,639	1,898	1,705	1,705	1,760	1,969	1,639	1,705	1,815	1,759
	太	山	605	770	732	666	770	745	759	704	719	

一	象 牌	1,403	1,254	1,408	1,265	1,392	—	—	—	1,344
	(太山牌特別	2,750	2,667	2,794	2,354	2,541	2,480	2,887	2,695	2,646
1 Weeks age	(馬 牌	5,390	5,420	5,280	6,655	4,565	5,995	4,810	4,785	5,340
	塔 牌	4,867	5,225	5,489	5,016	4,730	5,159	4,675	4,400	4,945
	太 山 牌	7,590	7,469	6,325	8,030	7,617	6,688	8,140	7,810	7,458
	象 牌	6,941	6,501	7,755	6,270	6,490	6,297	6,539	—	6,685
	(太山牌特別	8,810	8,750	8,800	9,130	8,745	9,960	8,580	9,495	9,034
4 Weeks age	(馬 牌	7,975	7,975	7,315	6,270	7,095	7,040	8,030	—	7,400
	塔 牌	5,527	8,503	7,249	7,700	7,150	7,397	5,830	6,023	6,922
	太 山 牌	11,400	11,510	11,000	11,900	11,970	11,470	10,950	11,970	11,520
	象 牌	7,783	7,425	8,525	7,590	8,443	9,653	8,910	—	8,333
	(太山牌特別	9,115	9,410	11,485	9,495	10,035	9,975	8,400	—	9,702

Table 7.—Tensile Strength of 1 : 3 mortar (lbs/in²)

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mean
-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	------

		1 Week age										4 Weeks age													
		馬	牌	塔	太	山	牌	象	太	山	牌	特別	馬	牌	塔	太	山	牌	象	太	山	牌	特別	磅	磅
		315	250	280	305	285	300	270	250	285	282	345	373	365	356	342	370	340	365	325	325	353			
		230	205	200	195	190	190	190	180	180	196	263	282	285	276	292	324	286	230	320	320	295			
		310	350	346	380	375	310	340	355	345	345	422	452	404	454	416	395	438	423	398	398	422			
		365	315	310	345	375	350	300	305	325	332	400	375	410	400	405	460	415	390	350	350	398			
		345	335	300	340	340	335	320	370	315	333	432	446	436	440	442	390	386	376	326	326	408			

Table 8. ---Compressive Strength of 1 : 3 mortar (lbo/in²)

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mean
馬牌	1,386	1,430	1,325	1,567	1,325	1,540	1,210	1,408	1,435	1,400
塔牌	1,133	1,045	946	1,018	1,045	990	963	935	1,056	1,015

1 week	大山牌	2,365	2,035	2,112	2,222	2,178	2,244	2,299	2,216	2,282	2,217
	象牌	2,365	2,376	2,937	2,420	2,651	2,706	2,200	2,200	2,970	2,536
	大山牌特別	2,997	2,860	3,069	3,091	3,190	2,970	3,333	3,355	—	3,108
4 weeks	馬牌	2,035	2,310	2,228	2,695	2,376	2,266	2,640	2,832	2,046	2,381
	塔牌	2,200	1,661	2,200	2,227	2,101	2,079	1,760	1,925	2,365	2,058
	大山牌	3,850	3,135	3,795	3,272	3,894	3,547	3,272	3,520	—	3,286
	象牌	4,125	4,070	3,806	3,602	4,482	3,377	3,685	3,756	—	3,864
	大山牌特別	3,993	3,696	4,070	4,538	4,455	3,988	3,960	4,235	3,916	4,095

茲將上示平均結果總括於下二表。

Table 9.

Brands.	Fineness (%)		Sp. Gr.	Time of setting at 22°C		Normal Consistency (%)
	over 100 mesh	over 200 mesh		Initial	Final	
"Horse"	2.20	22.25	3.118	(1) 1:58 (2) 2:18	(1) 4:5 (2) 4:28	23.71
"Pagoda"	5.40	29.30	3.134	2:30(2:50)	4:42(6:15)	22.60

"Elephant"	1.05	12.50	3.112	2:54(3:38)	6:0 (7:29)	25.33
"Tai-shan"	1.16	12.65	3.153	3:18(3:52)	6:6 (7:35)	24.00
"Tai-shan" special	0.38	9.70	3.074	2:53(3:3)	4:55(6:9)	24.60

(1) By Vicat's needle
(2) By Gilmore needle

Table 10.

Brands	Tensile Strength, lbs./□"				Comprength strength, lbs./□"			
	Neat cement		1:3 Mortar		Neat Cement		1:3 mortar	
	1 week age	4 weeks age	1 week age	4 weeks age	1 week age	4 weeks age	1 week age	4 weeks age
"Horse"	598	666	282	353	5,340	7,400	1,400	2,381
"Pagode"	482	687	196	295	4,945	6,922	1,015	2,058
"Elephant"	661	711	332	398	6,685	8,333	2,536	3,863
"Tai-shan"	772	804	345	422	7,458	11,520	2,217	3,286
"Tai-shan" special	784	828	333	408	9,034	9,702	3,108	4,095

據上試驗結果國產水泥五種中，以泰山牌與象牌最佳，馬牌次之而塔牌最劣，現正從事長時間之試驗俟有結果當待他日報告。



日本電氣事業之概況

陸志鴻

一、沿革

日本電氣事業始於西歷1887年，是年十一月東京電燈公司設日本製七十五燈直流發電機(後改愛迪生式二百燈直流機二座)於東京日本橋區，日本之電燈業實始于此，翌年該公司增設發電所三處，神戶亦成立神戶電燈公司，設20KW直流機四座。1888年末日本總發電力僅500KW耳。1889年五月大阪亦成立大阪電燈公司，始用高壓電流，設英國製1040V;30KW發電機一座。其後西京，名古屋，橫濱各市相繼有電燈。至1890年末日本總發電力達1500KW，是時西京琵琶湖疏水成功，引山頂湖水以爲水力發電，設120HP水輪機四座，80KW發電機二座，至1891年五月始供給電力。此爲日本水力發電之嚆矢。

1895年二月西京電車公司始營電車於西京市，1898年五月名古屋市亦通電車。電氣事業發達而長距離送電亦屬必要。1899年福島縣郡山絹絲紡績公司始成功一萬Volt之十五英里送電。其後各地競用高壓以增加送電距離。1907年末東京電燈公司竣功一15,000KW水力發電所於甲州駒橋(離東京50哩)。以五萬五千Volt之高壓送電於東京市。至1914年鬼怒川，猪苗代，宇治川等水力電氣公司相繼完成其大發電所與送電線。其中尤以猪苗代水力電氣公司規模最大，其線路之長與電壓之高，當時歐美各國亦鮮倫比，是年完成其第一期工事，即以37,500KW(未幾合第二期工事共61,500KW)及十一萬五千Volt，送電距離140哩，送至東京北郊田端地方。

歐戰中製造工業勃興，電力需要增加，而煤價昂貴，促成新水力發電之簇出。1922年大同電力公司聚合木曾川系各發電所，以七萬七千Volt及150哩距離送至大阪市，至1923年十二月又完成兩大發電所，將上之送電電壓增至十五萬四千Volt，又同時日本電力公司竣工富山大阪間二百哩之十五萬四千Volt送電線，東京方面亦利用日本阿爾發斯山系之水力，1923年京濱電力公司開發信濃川上流之水利，完成龍島發電所，以十五萬四千Volt電壓送至東京橫濱及大阪神戶地方，送電距離125哩，線路互長六百哩，送電力三十五萬KW。

長距離高壓送電短時期內相繼竣工，東京大阪名古屋等大都市間連成一送電網，電力供給上至為便利。

第一表 日本送電電壓之上升狀況

西歷1889年	送電第一 年	11,000Volt
西歷1907年	送電第九 年	55,000Volt
西歷1914年	送電第十六 年	110,000Volt
西歷1923年	送電第二十五 年	154,000Volt

但晚近之水力發電多以河川平水量設計，故渴水時，必仰火力發電所之補給，1923年秋大地震時各水力與火力發電所多蒙損害，一時喪失八萬KW之發電力。其後銳意恢復，復興極速，至今比昔日更有發達之勢，茲將事業發展狀況略示於下諸表。

綜觀電氣事業之發達可分三期。第一期為光之利用，即電燈事業。第二期為力之利用，即動力電化。第三期為熱之利用，此世界各國均同一轍，日本現已達第二期之最盛時代，而電熱之利用即家庭電化晚近漸見進步，返顧吾國尚在第一期也。

第二表 發電力增加狀況(單位KW)

年次	水			火			總			計
	落成	未落成	計	落成	未落成	計	落成	未落成	計	
1903	13,124	24,604	37,728	31,128	11,383	42,511	44,252	35,987	80,239	
1905	18,547	33,447	51,994	55,827	14,455	70,282	74,374	47,902	122,276	
1907	38,622	142,264	180,886	76,288	39,862	116,150	114,910	182,126	297,036	
1909	73,501	176,552	250,059	108,709	69,773	178,482	182,216	246,325	428,541	
1911	143,831	468,940	612,771	177,733	91,604	269,337	321,564	560,544	882,108	
1913	321,596	387,607	709,203	275,260	37,270	312,530	596,856	424,877	1,021,733	
1915	449,220	340,872	790,092	322,364	36,235	358,599	771,594	377,107	1,148,691	
1917	511,090	456,972	968,062	364,473	229,953	594,426	875,563	686,925	1,562,488	
1919	710,929	799,748	1,510,677	422,314	249,550	671,864	1,133,243	1,049,298	2,182,541	
1921	914,744	1,068,036	1,982,780	611,974	174,983	786,957	1,526,718	1,243,019	2,769,737	
1923	1,307,706	850,021	2,157,727	755,099	199,195	954,274	2,062,785	1,949,216	3,112,001	
1925	1,813,508	1,076,526	2,890,034	954,633	397,937	1,352,570	2,768,141	1,474,463	4,242,604	

1925	1,074	208	1,282	126	35	161	113	13	126	1,313	256	1,569
1927	1,148	206	1,354	139	17	156	99	17	116	1,386	240	1,626

第四表 出力別發電所數(電力供給及電氣鐵道)

年次	100KW 未滿		100KW 以上		500KW 以上		1,000KW 以上		5,000KW 以上		以上		
	落成	未落成	計	未落成	落成	計	未落成	落成	計	未落成	落成	計	
1907	31	16	47	75	39	114	15	18	33	21	34	5	8
1909	38	19	57	113	47	160	22	15	37	18	43	3	10
1911	82	107	189	156	53	209	43	14	57	44	65	9	18
1913	171	90	261	193	57	250	57	19	76	56	82	17	13
1915	234	56	290	225	44	269	64	21	85	64	94	17	10
1917	264	86	350	282	42	274	66	22	88	74	113	27	14
1919	201	110	311	355	53	408	84	40	124	113	171	32	30
1921	411	114	525	293	94	387	115	63	178	148	234	42	32
1923	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1925	437	38	475	372	46	418	139	44	183	268	347	97	49

1927	422	32	454	365	39	404	157	37	194	312	83	395	130	49	179
------	-----	----	-----	-----	----	-----	-----	----	-----	-----	----	-----	-----	----	-----

原 動 力 別 (1927)

水力	342	20	362	313	33	346	148	37	185	257	76	333	88	40	128
蒸汽力	11	—	11	24	2	26	7	—	7	55	6	61	42	9	51
煤氣力	69	12	81	28	4	32	2	—	2	—	1	1	—	—	—
合計	422	32	454	365	39	404	157	37	194	312	83	395	130	49	179

二、 水力電氣事業

日本雨量多而地勢峻，大河川之落差 (Head) 多可利用以發電。且煤量少，不利於火力，故由第二三四諸表，即可明火力發電遜於水力，據遞信省自1918至1922年之調查，全國可利用之水力如下表。

時 期	地 點 數	馬 力 數
總 水 計	2,822	6,415,000
平 水 期	2,822	最大14,090,000
		—年平均11,933,000

至1924年末上示水力已許可利用者如下表：

	地 點 數	馬 力 數
發電已開始者	865	2,237,000
發電未開始者	716	4,085,000
合 計	1,581	6,822,000

由表知尚未開發者猶有千萬馬力以上，此等地點工事較難而工費較大，故其竣工當未可期。

日本地形東西狹長，分水嶺縱貫之，南面太平洋，北面日本海，流於中央山脈之河川均有相當落差而注入於海，其水力之可利用略與瑞典瑞士同。且雨量多而水量豐，故世界水力電氣國中以全馬力數言日本可占第五位。以已開發馬力數言日本可占第三位。

第五表 各國水力電氣概況(1921年)

國別	可發生之馬力數	已發生馬力數
英 領(除加拿大)	50,000,000	700,000
美 國	28,000,000	9,800,000
巴 西	26,000,000	300,000
加拿大	23,000,000	3,280,000
日 本	8,000,000	1,500,000
那 威	7,500,000	1,250,000
瑞 典	6,200,000	1,200,000
法 國	5,600,000	1,600,000
西班牙	5,000,000	880,000

瑞 士	4,000,000	1,460,000
伊大利	4,000,000	1,250,000
德 國	1,500,000	750,000
英本國	900,000	200,000
合 計	169,700,000	24,130,000

大水系所貯藏水力，以平水量標準言之，則信濃川水系 128 萬馬力，木曾川水系 107 萬馬力，阿賀野川水系 99 萬馬力，利根川水系 78 萬馬力，天龍川水系 68 萬馬力，黑部川水系 53 萬馬力，神通川水系 46 萬馬力，莊川水系 40 萬馬力，富士川水系 38 萬馬力，石狩川水系 31 萬馬力。

東海道天龍川以西及西京附近之水力發電供給西京大阪神戶方面，天龍川以東及福島縣地方供給東京及橫濱方面，四國及山陽地方之電力各消費於附近，九州地方之電力亦供給九州，北海道地方之電力供給該地木材製紙等工業之用。

以地方論則平水量馬力數長野縣 152 萬馬力，富山縣 117 萬馬力，岐阜縣 112 萬馬力，新潟縣 110 萬馬力，福島縣 94 萬馬力，北海道 84 萬馬力等為最大。

主要水力發電所多集中於本州中部諸河流，即所謂日本阿爾波斯地方，如南流之木曾川天龍川大井川富士川，北流之神通川莊川黑部川信濃川阿賀川，東流之相模川利根川等均為著名發電所集中之河，尤以信濃川木曾川為最，此等河流均與主要電力需要地（如東京橫濱大阪西京神戶名古屋等）相離不遠。

水力發電所為日本發電之基礎，廣播全國，落差均高，多在 200 尺至

500 尺間，最高落差者爲下之諸發電所，然低落差之發電設備亦相當研究

發電所名	落差 (尺)
別子銅鑛端出場發電所	1,820
信越電力公司中津川第一發電所	1,370
鬼怒川水力電氣公司下瀧發電所	1,100
東信電氣公司高瀨川第三發電所	1,100

，使用水量最大者以宇治川電氣公司宇治發電所之每秒2,200 立方呎，及大同電力公司大井發電所之每秒 4,500 立方呎爲最大，但最近竣工之信越電力公司信濃川發電所每秒6,700立方呎爲全國第一。

調整季節水量之機化有貯水池，例如東京電燈公司猪苗代各發電所即利用猪苗代等三湖，又該公司桂川系諸發電所利用富士山北麓之本栖，精進，西湖等三湖，而猪苗代湖對於過去數年間冬季湧水之救海甚爲有效。

調整一日間水量之變化者曰調整池，各發電所均有之，例如大同電力公司大井發電所有四億立方呎之調整容量。

第六表 最大水力發電所

公 司 名	發電所名	河 流 名	最大電力(KW)
東京電燈	猪苗代第一	阿賀川系日橋川	37,500
同 上	八 澤	相模川系桂川	35,000
鬼怒川水力電氣	下 瀧	利根川系鬼怒川	31,200
大同電力	讀 書	木曾川	40,700
同 上	大 井	同 上	42,900
宇治川電氣	宇 治	淀川系宇治川	32,000

信越電力	中津川第一	信濃川系中津川	38,950
日本電力	蟹 寺	神通川系宮川	45,000

又最近竣工之莊川及黑部川各發電所有60,000KW。而計劃中之鐵道省信濃川發電所及信越電力公司之信濃川發電所(162,000KW)則更大矣。目下超過一萬KW之水力發電所有三十以上，水輪發電機之最大者為30,000KVA。東京電燈公司有發電所大小八十六處，而火力者僅九處，其他均屬水力。

三、 火力發電事業

日本發電事業可分為(1)1899年以前之火力發電時代，(2)1899年以後之火力發電時代，(3)1907年以後之水力旺盛時代，及(4)現在等四時期，1899年以前特別高壓未發達，主用蒸汽機，如Piston valve及corliss valve等 Reciprocating engine，石炭消費量成積最佳者每KWH約5磅，普通者為9磅，每KWH之燃料費約二分四厘，1899年始用一萬Volt之高壓送電，至1903年始Steam turbine為原動機，當時主為 Curtis及Parson式，石炭消費量每KWH平均約4,5磅，燃料費每KWH 約一分二厘，因電力需要激增，500KW以上至5,000KW之 Turbo-generator 各處設置，此時為 Steam turbine 發電之旺盛時代，1907年東京電燈公司建駒橋水力發電所，以五萬五千Volt送電四十五哩，此開水力發電之端倪。其後各大水力發電所相繼勃興，成績優良，而火力發電僅供渴水期之補充耳。歐戰中石炭價昂而電力需要激增，故水力電氣一時遂大發展，加以十五萬四千Volt之百五十哩送電之實現，促成大送電網之系統。

日本石炭埋藏量少，故將來發電事業仍當以水為中心，茲將水力補充

用之大火力發電所略示如下：

第七表 最大火力發電所

公 司 名	發 電 所 名	電 力 (KW)	Turbine 發電機容量(KW)
東邦電力	名 島	37,500	12,500KW二個 25,000KW一個
大同電力	春日出第一	30,000	12,500KW三個
九州電車	小 倉	23,750	12,500KW四個
大同電力	春日出第二	40,000	20,000KW二個
日本電力	尼 崎	50,000	25,000KW二個
今津發電	今 津	20,000	15,000HP 三個
神戸市	湊 川	21,500	12,500HP 二個 6,000HP 一個 3,000HP 二個
宇治川電氣	福 崎	30,000	12,500HP 四個
山陽中央水電	飾 磨	20,000	10,000KW二個
東京電燈	東 京	35,000	35,000KW二個
東京電燈	千 住	25,000	12,500KW二個
東邦電力	名 古 屋	35,000	35,000KW二個

火力發電所之分布大部在大阪神戸附近，有四十六萬KW，次為九州有十八萬KW，除九州之三井鑛山大牟田發電所(8,300KW)，田川發電所(5,200KW)及東京附近之鐵道省矢口發電所三者為煤氣力發電外，餘皆蒸汽力發電，汽鍋汽壓從來為250磅，1924年日本電力公司尼崎發電所始用275磅，其後東邦電力公司名古屋發電所增至350磅，汽鍋每座之加熱面積以東邦電力之名古屋發電所之18,611平方呎為最大，Turbogenerator 以名古屋及東京之35,000KW為最大。

水力發電初發達時多優良地點。其建設費至需要地不過每KW四百圓左右，其後不得不開發次等地點，加以物價增昂，故現今最廉者其建設費每KW約六百圓，普通自八百圓至千圓，合營業費計之，每KWH約一分五厘，火力發電近時容量增加，能率增進，每KW建設費約百五十圓至二百五十圓，汽鍋壓力最近多用350磅且微粉炭 (Pulverized coal) 燃燒法發達，每KWH之石炭消費量漸低減，目下最進步之發電所不過1.7磅，每KWH之賣價可減低至一分八厘至二分五厘，然終不能與水力發電相對抗也。

四、 電燈事業

日本電燈之普及，歐美亦所少見，雖窮鄉僻壤，亦難發見其有用洋油燈者。1927年末全國有三千二百三十二萬燈，六億零五百六十萬燭光，每百家有三百十燈，每百人有五十三燈與九百九十燭光，即平均每家可有三燈而每二人可有一燈也，全國燈數之22%與燭光之29%集中於東京大阪西京神戶橫濱名古屋等六大都市，用電表之電燈數占總數之32%。

第八表 電燈需要狀況

年次	需要家數	燈數	燭光數	電力(KW)	指 數			每 百 人 平 均	
					燈	燭光	電力	燈	燭光
1903	?	332,232	4,161,985	14,407	1,00	1,00	0,7	9	31
1905	?	464,410	5,188,192	17,960	1,40	1,24	1,0	11	37
1907	194,935	781,820	8,649,122	29,939	2,36	2,07	1,0	18	61
1909	415,205	1,466,560	15,156,132	53,596	4,42	3,65	3,70	30	107
1911	977,950	2,817,830	28,418,694	89,097	8,47	6,84	6,23	5,5	175
1913	2,180,604	5,595,062	51,621,275	144,779	16,80	12,40	10,00	10,6	272
1915	3,051,925	7,538,329	70,869,311	166,259	22,70	17,00	11,50	13,7	303
1917	4,243,430	10,317,303	123,058,080	173,001	30,20	29,60	12,00	18,7	315
1919	5,694,506	14,167,685	181,532,462	237,234	42,50	43,60	16,40	25,1	422
1921	6,985,845	18,114,055	256,181,122	327,700	54,69	61,60	22,70	32,4	584
1923	8,305,218	21,687,810	334,162,383	430,014	65,00	80,50	29,90	37,0	737
1925	9,652,058	27,320,740	461,073,576	574,268	82,20	110,70	39,90	45,7	962
1927	10,547,235	32,322,991	605,609,846	736,169	97,30	145,50	51,10	53,0	1,200

第九表 各大都市電燈需要狀況

都 市	需要家數	燈 數	每百人平均燈數
大 阪	450,356	2,076,761	88,8
東 京	379,817	2,287,815	103,0
名 古 屋	176,029	664,917	76,7
西 京	145,666	913,144	124,0
神 戶	138,440	621,082	93,3
橫 濱	125,132	470,954	87,7

五、 電機器製造業

日本電機製造之嚆矢在1873年，當時有田中久重氏設立田中工場，其後即成今日之芝浦製作所，目今之大製造公司均與歐美著名製造廠相提攜，例如芝浦製作所之與G. E, 三菱電機公司之與Wstinghouse，富士電機公司之與西門子等是也，目今一萬KW以上之發電機器製作，日本各大廠已有充分之經驗及成績。其技術與設備已可與歐美並駕矣，以發電機電動機及變壓器為主要製品之製造廠中較大者約共六十，此六十廠之總資本金一萬二千萬元，其中資本在百萬元以上者以芝浦製作所，日立製作所，三菱電機公司，富士電機公司，奧村電機商會，明電舍，川北電氣製作所，等為最大，最近平均每年電機器及材料生產總額約二萬二千萬元，其中發電機及電動機約三千萬元，變壓器約三千萬元，每年電機器及材料之輸出約二千萬元，其中大部輸至我國，茲將製造額示於：(單位圓)

年 次	電機器及材料	電 燈 泡 類	電 線 及 電 纜	合 計
-----	--------	---------	-----------	-----

1909	5,274,819	766,544	5,902,761	11,944,134
1914	13,746,874	3,888,001	21,374,849	39,009,724
1919	74,026,494	11,815,355	48,458,911	134,300,760
1924	88,765,008	18,029,978	87,735,894	194,530,880
1927	94,001,595	25,684,760	107,286,500	226,972,855

第十表 電機器及材料之最大製造廠

事業者	工廠所在地	資本(圓)	主要製作品
芝浦製作所	東京市芝區	20,000,000	電動機，變壓器，配電板及附屬品，電表，電扇，電報電話用具，電熱器具
芝浦製作所	横浜市鶴見區		大型發電機，電動機，調整器，電車制御器，電氣機關車
明電舍	東京市外大崎町	5,000,000	發電機，電動機，變流機，變壓器，配電板。
荏原製作所	東京市外品川町	3,000,000	發電用水輪機。
日立製作所	東京市外龜戶町廠及多賀郡日立町廠與助川町廠	10,000,000	發電機，電動機，變壓器，配電板，扇風機，電線，及發電水力機，抽水機
富士電機製造公司	横浜附近川崎市	10,000,000	發電機，電動機，變壓器，變流器，配電板
三菱電機公司	名古屋市東區廠		電動機，電熱器
三菱電機公司	神戸市和田崎町廠	15,000,000	發電機，電動機，變壓器，扇風機，配電板，變流機，電車用電動機，電氣機關車
三菱電機公司	長崎市飽之浦町廠		發電機，電動發電機，周波數變換機，電動機，變壓器，扇風機，配電盤
三菱造船公司	神戸市和田崎町	50,000,000	發電機，Turbo-generator, Steam Turbine.
川北電機製作所	大阪市東成區	3,000,000	電扇，配電板，電表，電報電話用品電熱器，電動機，發電機，變壓器等
奥村電機商會	西京紀伊郡吉祥院村	10,000,000	發電用水輪機，發電機，電動機，變流機，變壓器，配電板等

川崎造船所	神戸市東出町	90,000,000	發電機，電動機，周波數變換機，電動發電機，變壓器，扇風機，配電板，電氣機關車
藤倉電線公司	東京市深川區廠及東京市外千駄谷町廠	5,000,000	第一至第四種絕緣電線，裸電線，絹及綿捲線，各種電纜。
日本電線公司	東京市外南葛飾郡寺島町	2,000,000	第一至第四種絕緣電線，包鉛線，電纜
古河電氣工業公司	橫濱西平沼町廠及日光廠	20,000,000	各種電線及電纜
住友電線製造所	大阪市此花區	10,000,000	各種電線及電纜

第十一表 電燈泡電表，電池之大製造廠

事業者	工廠所在地	資本(元)	主要製作品
東京電氣公司	東京市外大井町廠，川崎市堀川町廠，及福岡小倉廠	21,000,000	各種電燈泡，電燈罩，照明器具，各種電表，電報電話用具，及真空管。
東京計器製作所	東京市小石川區	3,000,000	各種電表及其他計器
橫河電機製作所	東京市外澁谷町	500,000	各種精密電表，及配電板
品川製作所	東京市外品川町	1,000,000	各種電表
東京瓦斯電氣工業公司	東京市外入新井町	6,000,000	各種電表及其他
沖電氣公司大阪工場	大阪市一	2,500,000	電報電話用品，乾電池
沖電氣公司	東京市芝區廠及大崎町廠	5,000,000	電報電話用品，乾電池，蓄電池，電纜，電線
日本電氣公司	東京市芝區	20,000,000	電報電話用具，電表，電話線
屋井乾電池合資公司	東京市外日暮里廠及川崎市廠	500,000	乾電池
帝國蓄電池公司	橫濱市	1,000,000	蓄電池
湯淺蓄電池製造公司	三島郡磐手村	5,000,000	蓄電池，乾電池
日本電池公司	西京市	3,500,000	蓄電池

古河電氣工業公司大阪電池製作所	尼崎市	20,000,000	蓄電池
日本礙子公司	名古屋	2,000,000	電氣用絕緣陶磁品
大阪陶業公司	泉南郡佐野町	3,000,000	同 上
三共公司	東京市外品川町	12,000,000	絕緣材料

六、 電氣事業之資本及利益

電氣事業益發達其投資愈增加，目下總資本額三十五億二千四百萬圓，而固定資本占三十六億六千七百萬元，固定資本既大，若事業經營不得宜，易招失敗，今將資本增加狀況示於下。

第十二表 資本金之增加

年 次	總資本金(圓)	固定資本金(圓)	指 數	
			總資本	公債及借入額
1903	28,495,407	?	1,00	1,00
1908	152,705,202	104,559,811	5,36	4,94
1913	500,032,451	477,628,332	17,55	44,00
1918	788,506,311	737,687,552	27,70	74,00
1923	2,366,844,961	2,039,721,316	83,20	325,00
1927	3,524,199,354	3,667,387,212	123,50	834,00

第十三表 收入支出及利益

年次	收入(圓)	支出(圓)	利 益 金		公 債 金	
			金額(圓)	對資本比率(%)	金額(圓)	對資本比率(%)

1907	17,429,720	9,061,605	8,368,115	11,1	868,505	10,4
1912	58,423,714	36,445,932	21,977,782	8,3	1,965,483	8,9
1917	149,595,723	87,505,954	62,089,769	11,3	7,266,214	11,7
1922	439,544,713	251,249,936	188,294,774	12,5	18,904,114	9,8
1927	763,561,770	484,020,868	279,540,902	10,5	23,505,771	8,4

表中收入指電燈電力電車等，支出指發電所維持費運轉費，電力費，送電配電線路費，電車路及車輛維持費等。

第十四表 最大電力公司狀況

公司名	總資本額(圓)	發 電 力 (KW)			現有發電所數		
		水 力	火 力	總 計	水力	火力	總計
東京電燈	407,149,000	379,248	117,850	497,098	89	8	97
東邦電力	144,321,200	56,778	49,250	106,028	34	11	45
大同電力	173,000,000	162,020	96,500	258,520	8	4	12
日本電力	106,105,000	83,300	100,000	183,300	6	1	7

七、 政府之監督及助成方策

電氣事業之發展對於國家之發達，深有關係。故政府積極謀社會方面及經濟方面之助成，即下之數項實行必要。

1. 國民對於電氣業之理解
2. 設電氣事業法以監督及助成之
3. 立研究機關及教育機關以圖技術之進步并確立工業所有權制度
4. 設自由周轉之金融信用制度

日本國民對於電氣事業之現解，由電燈普及率視之，可知其一般人民

均已有之，因一般人民競用電燈及家庭電化與農村電化之電力，故電氣事業得發達益速。不若我國民之愛守舊，而不為科學的與文化的生活也。

電氣事業之監督助成政策由遞信省(即交通部)主持之，常取積極政策，尤以企業之合同，大資本之集中為方針，使資本利用得最有利，而送電與配電之能率可益增加。

遞信省設電氣試驗所，分三部機關，以掌電氣事業之監督行政，及技術之進步，并為學術上之研究，制定電氣事業主任技術者之法規，而防止各種障害。每年行技術人員之攷試，平均每年可有五百人之合格者，由電氣事業法之制度分主任技術者之資格為第一第二第三之三種，而規定其責任範圍，第一種主任技術者主為各帝國大學電氣工程科之卒業者，現數202人。第二種主為高等工業電氣科畢業者，現數186人。第三種主為乙種工業學校卒業者，現數207人，共計主任技術人員有773人。

龍潭中國水泥公司概況 沙玉清

鋼，鐵，水泥；現代文明物質建設之基礎也。中山先生曰：『在吾發展建國計劃之種種設計，所需水泥，不可勝數；即合全世界各國之產量，獨恐不足供此所求！因是有擬在揚子江沿岸，建設無數水泥廠之計劃。』可知水泥之於新中國，其關係重且切矣；龍潭中國水泥公司，揚子江濱最有希望之水泥廠也；五月二十八日。陸師志鴻，偕土木科一九級諸級友，前往參觀。歸而記其概況於茲。祈海內同志，幸注意焉！

玉清附識

(一)簡史 一九二一年，海上著名包工姚新記，銀行家陳光甫，及其他巨商，鑒國內新工業日起，水泥之急需，利有可圖，遂創立該廠。資本初定一，〇〇〇，〇〇〇元。水泥機為德製，每日產五〇〇桶，廠址位於南京附近之龍潭；以其原料均在廠基左右，產額豐富。又利交通。廠房用鐵柱磚瓦，而重以鋼骨水泥為礎。設備雖不宏大完美，但因成本較輕，消費敏疾。營業蒸蒸日上，獲利頗豐。今復將太湖水泥公司收併，擴為新廠，資足材豐，一切設施，遠非昔比矣！雖然，其間屢以地理關係，頻遭兵燹，影響甚重，創辦者百折不撓，慘淡經營，成有今日，更足貴也。考太湖水泥公司，昔居新建水泥廠中之最大者，籌辦於一九二一年。股東均錫滬巨商，由錫絲棉商薛南溟主辦，總公司及製造廠，設於無錫，集資一，五〇〇，〇〇〇元。水泥機為德國可龍之亨卜資廠出品，廠基三百畝，距錫車站二里，出品可由鐵路或水程轉運至京滬各城，且地位寬暢，本一極有希望之廠也。惜處理不得其人，難收成效，至未能開工，已渡入中國水

泥公司，二廠精華，彙集一處，規模益形宏遠，為吾國建設上，開一新記錄，可預卜也！

(二)地址 該廠位於龍潭鎮之東，前臨長江，象山，老虎山，施家山，環其三面。占地二千餘畝。京滬鐵路另有支線，直抵廠內。並有自導運河，直抵江口，置有容量極巨躉船一艘。以備廠中進煤，及輸運水泥之用；故水陸交通均極便利。

(三)原料 該廠既三面環山，故泥土等原料，俯拾即是。瓦礫磚窰，石灰窰，大磚窰俱備；該廠建築均供給於此。施家山之煤礦開採權，亦歸該廠所有；若從事經營，則燃煤無待外求矣。

(四)廠房 該廠建築，極為宏暢。內分新舊二廠。而新廠較舊廠尤大。他如化驗室，辦公廳，材料房，貨棧，膳宿舍，工程師住宅，工房等。均經姚長安工程師規劃佈置。地位適宜，秩序井然。

(五)設備 舊廠係原廠，新廠由太湖水泥公司移來，茲特將內部設備，立表如後：

機 器 名	新廠	舊廠
碎石機	一	一
攪泥池	二	一
貯泥塔	六	三
唧泥機	四	三
連合球磨機	四	二
轉動窰	二	一
凝冷機器	二	一
磨煤機	二	一

射煤機	二	一
裝桶機	十	四

其餘若運貨搬料，均用人力手車，尙未能有大規模之機械設備。

該廠原動力之供給，由兩座一，〇〇〇K.W.之汽輪發電機給電。每機有汽輪機，冷面凝汽機及濾汽機各二。此項機件，全部製自德國柏林別谷門廠，均由太湖水泥公司移來。汽鍋之設備為水管式計共四爐外有蒸汽過熱器四，自動加煤機四，及節熱器四。受熱面積為三七四平方呎。化驗室，分化性及物性兩部。內有試驗機三架，及藥品多種。蓋用以測定，原料及出品之化學成分，及其抗力性凝結時等物性者也。該廠之碎石機，及連合磨機等，能於十小時內，磨細二十四小時足用之原料，使水泥之燃燒製造，可日夜不絕也。

(六)作業 廠有三窯，均由德製，其作業均同。今略述其一，餘可類推矣。該廠原料為石灰石 CaCO_3 及黃土Clay。土性柔軟，故採用潤溼法 Wet Process製造為較經濟。原料之採掘及運送，係用苦力，採下之石，使入牙關軋石機 (Jaw Crusher) 碎成徑寸之塊。採下之土，相和鐵石少許(一，四五〇磅土和四〇磅鐵石)共傾入大泥池。(Wash mill) 池內設有攪動之鋼架，俾泥水混勻，不至分離也。按份配就之泥漿，由唧泥機 (Slurry Pump) 噴入連合溼磨機(L'orient's Compound Mill)其機為一轉動鋼鼓，內壁襯以錳鋼板機內分鋼球及石卵兩室；使其轉動衝擊，以碎泥焉。同時軋過之石灰石粉，亦由桶汲舉昇機(Bucket elevator) 運至連合溼磨機，與泥漿按其適當之成分攪和；磨成極細之膠漿。膠漿宜時分析其成份，以便改正。所得之合格膠漿，用空氣壓迫機 (Air Slurry Pump) 唧至貯泥塔中。再自塔流入一轉動窯(Rotary Kiln) 其入量之多寡塔內均

設機關，可以調節，轉動窯係一鋼鼓，長一百五十呎，徑九呎鼓壁襯火磚，足抗攝氏一七五〇度之高溫，此火磚該廠以 clinker 製成結果甚佳窯之彼端，以煤屑及高壓空氣射入窯內，使膠漿初見溶解即可。此燒過之膠漿，使經過七十五呎之凝冷器 (Cooler) 即凝結成青黑色胡桃狀之水泥球。(Clinker) 窯內廢氣，則通入泥漿入口處，以燥泥漿；然後由高二百呎之煙囪而出，煙囪之旁，置以析塵器 (Dust Chamber) 以聚水泥屑之被廢氣帶出者。

凝冷鋼鼓所出之水泥球，用手車推至水泥球窖。合以定量之石膏。Caso₄ (大約四〇〇磅之水泥球和九·四磅石膏) 以車引至貯藏箱，由桶汲舉升機，運入連合球磨機。磨至能過二〇〇絲篩 (200 Mesh Sieve) 後。遂由機運至水泥貯藏所，此種製成之水泥，若考驗及格，則由裝泥機 (Packing machine) 裝入麻袋或桶中，即可入市出售矣，

煤粉先於乾煤機 (Coal dryer) 及磨煤機 (Coal mill) 中製就，使能經過一〇〇絲篩，將此粉升至一貯藏箱內。以備與備預熱之高壓空氣，同時噴射入窯內。

(七) 產額 該廠原產水泥，日計五〇〇桶；迨新廠告成，已每日可產二，五〇〇桶。出售有袋桶兩種，其價約如下：每桶重三七五磅，價銀三·〇兩，每袋一九〇磅，價銀，一·五兩。各方函電訂購，大有供不應求之勢。

(八) 管理 全廠事務劃分兩部，凡屬廠務者，由廠管理處主之，屬於工務者，由工務處主之。以下各種辦事，各負專責。有條不紊，足為國內工廠模範。

(九) 出品 出品以泰山牌為標記其化學成分，及物理性質，由記者帶

回校中試驗，得平均值如下表：

氧化矽	SiO_2	二一·三%
氧化鈣	CaO	六三·一%
氧化鐵	Fe_3O_2	六·九%
氧化鋁	Al_3O_2	七·〇%
氧化鎂及礆硫等	$\text{MgO} + \text{Alk} + \text{SO}_3$	一·二%

物理性：一、抗張力(Tensile strength)

純泥(Neatdement) (七日)每方吋七七〇磅

標準泥膠(一比三) (七日)每方吋三四〇磅

二、抗壓力(Compressive strength)

純泥 (七日)每方吋七四五〇磅

此標準泥膠(一比三)(七日)每方吋二二〇〇磅

由此試驗結果，可認為品質優良，超過其他國產水泥之上。當此訓政開始，建設多端，吾知該廠貢獻於黨國者，必重且大。苟更精益求精，猛進無已，前途希望，可預矣！

調查江蘇宜興陶業報告

十八年十月調查

童致誠

一 總論

今日之倡言建設者，恆注重在無中生有，欲以他國之工業，整個引入中國，不顧其工業之組織，性質，是否適合於國人之需求也。殊不知一國之特長工業，皆有歷史環境，為其背景。如英國之紡織，德國之顏料，所以能執世界之牛耳者，皆有深長之歷史，與其特殊原因。苟今盡得英德諸國工廠之法，照樣設立於中國；則原料之供給，銷售之暢旺，工人之技術等條件，是否能使此工廠，存在於競爭商場中，殊不可必。苟即能存在矣，亦屬事倍功半之舉。

且中國並非毫無工業之國家。宣城之紙，景德之瓷，川鄂之桐油，口外之皮革等等；或則曾負盛名，或則繼續存在。今日之所以呈衰敗凋敝之象者，乃因組織不良，技術之落後故也。苟能應用科學方法，施以改進，則不但恢復舊觀，並可樹中國工業特色之一幟。而固有原料，可以充份利用；原有工人，免於失業；對於社會安謐，不致受組織更動，而生影響。今即不論其他，以建設事業之緩急而言，亦當先從事改良故有工業之為是。

改良云者，非所謂外國如此，中國亦應如此。須先明瞭此工業之實際情形，而察其利弊之所在。引其長而彌其短；苟可以為利者，不必盡棄我之所有，而驕附於他人之末也。故能明瞭某種工業之實際情形，為求改良

之第一步，亦即謀解決建設事業之基本問題也。

陶瓷業為化學工程之一，乃中國向負盛名之工業。徒以其落後故，遂為外國所奪。今每年輸入之數，約值關銀二百餘萬兩，不為不鉅。按瓷與陶，實不相同。瓷器之重要，世人多知之；而陶器之重要，亦不亞於瓷。舉凡缸甕缶罐陰溝水管磚瓦耐火器等，龐大堅實，價廉耐久者，以陶為宜，而多屬陶製。且中國之言陶器，與所謂 Stone ware，又稍有不同。蓋不僅可製粗大器皿，以供工業上及日用器具之用；並可為瓶壺杯碟等美術珍玩之品。是則陶器苟不尤重於瓷，亦決不在瓷器之下。

二 沿 革

江蘇宜興之陶器，與江西景德之瓷，齊名天下。考其歷史，前賢雜集所載，則始自明代。朱炎陶說：「明時宜興有歐姓者，造瓷器曰歐窯。有仿哥窯紋片者，有仿官均窯色者，色采甚多，皆花盆奩架，諸器頗佳」。周容宜興瓷壺記云：「今吳中較茶者，壺必曰宜興云。始萬歷間……」（按宜興實不產瓷，上所云瓷者，意自指陶也）。吳騫陽羨名陶錄載：在明萬歷之前，早已有製缸甕缶罐之屬。今觀宜興產陶之區，數山為之鑿平。是則其歷史，決不止三五百年事。殆製壺鼎之屬，能聞名於天下者，或自明代始也。

在民國七八年間，江蘇實業廳，曾在宜興設立陶業工廠。然亦純採土法手製，裝入舊式窯中陶之。在方法上，毫無有所改良；僅其出品，能與原有陶工爭利而已。且因困於經費，主持不得其人，不數年，即無形停閉。此工場之留念於民國者，乃官家與人民競爭，大資本壓迫小經營，陶民僅受其害，未有所謂實利也。陶業工場之內，曾附設一陶業試驗所。欲以鑄坯之法，施諸製陶，然亦未見成功。惟以宜興陶區副產品之白砂，製造

玻璃，有相當成效。詳情見童以濬著：江蘇省立陶業試驗所初次出品說明及試驗報告。

三 現 狀

產陶之區，在宜興東南鄉，周約二三十里，尤以鼎山蜀山一帶，為產陶中心。其區東頻太湖，南依黃山山脈之餘麓，風景絕佳。蜀山本名獨山，宋蘇東坡乞居陽羨時，以似蜀中風景，遂改今名。鼎山離蜀山僅三里，隔河相望，取其形似而有此名，俗亦作丁山。陶業產額，向無確實統計，大約每年在一百萬元以上。從前以承包陶業稅之關係，僅報年出六十萬元之貨，實則大不止此數也。

業陶工人，向無統計。丁山蜀山一帶之居民，以陶為專業，恃此而生者，為數在三四千左右。在產陶區內，其居民於農事之暇，即採泥製坯，轉售於窯戶，婦孺老幼，苟有餘力，即從事製坯，藉得額外收入。故與陶業有關係之人口，為數當屬不少。

產陶區內，人民之生活狀況，甚為寒苦。除數十窯戶，擁有資產外，其餘工人，勞役終年，僅得一飽。其中有種種原因，而最堪注意者，即近年來陶器銷貨不旺，質亦變窳。擁有資產之窯戶，亦時聞有虧折之事。當今工業競爭劇烈時代，而宜興之陶業，尙墨守數百年以前之陳法，毫無改進，其歸於失敗，亦曰宜也。

陶業出品，可分五類：曰青貨黃貨砂貨黑貨溪貨。五類之性質不同，造成之方法亦不同。區域業戶，劃然分清。業青貨者，祇知青貨範圍以內之事，其餘即不甚明瞭時。故在調查時，頗感困難。

青貨以紫砂泥為原料。紫砂泥中，可拚入種種有色之泥，如紅泥綠泥等，以成各種顏色。其出品為茶壺杯碟花瓶花盆文房用具供飾及細玩珍品

，皆屬精細之手工藝。成品大半不施釉，以雕刻為裝飾。亦有施釉者，乃繪鳥獸蟲魚山水花木之狀。業戶多在蜀山，有設廠製造者，有向陶戶收買坯貨而燒者。出品年約十餘萬元。

黃貨以白泥為原料，成品多瓶罐之屬。加熱不易破裂，故多作家用烹飪煨燉之具。內部上釉，外部作白色。出品雖不精細，價則甚廉。以切於實用故，每年出品可值十餘萬元。業戶多在里渠白蕩一帶。坯之來源，半自廠作，半則收自散戶。

砂貨之原料，以夾泥嫩泥假土三者拚合而成；成份殊不一致，大約為夾泥十車，嫩泥七車，和假土三車。出品係盆罐瓶便壺之屬，用以盛物，亦多家常日用品。內部施釉，外部施半釉。成器之後，作暗紅或紫黑色。無精製品，價值甚廉，數十文即可購一盆。每年出品約十萬元左右。業戶居蜀山附近。坯之來源，廠作散戶各半。

黑貨為宜興陶業之最大出品，占全區出品十之七八。係缸罈之屬。原料為夾泥嫩泥二者拚合而成，大約夾泥稍多於嫩泥，夾泥愈多，耐火度愈高，貨亦愈堅實；惟成本較貴耳。內部外部均施釉。成貨作紫褐色；施綠釉者作綠色。價格亦不甚昂，每年銷售於工廠中，及江蘇江北一帶，為數頗鉅。且有鉢盂一種，專銷日本，作火盆之用，一年可三四十萬元。今日本課以苛稅，而出品之式樣，從不改變，故近年銷數稍減。據云日本人不易仿造，蓋鉢盂施勻青釉，為日人所酷愛者；而勻青釉之成份，向守秘密，日人屢次調查，迄未探得。即本人此次調查，獨勻青釉之成份，陶戶不肯明示。黑貨陶戶，居丁山白蕩一帶，多係設廠製作；蓋製缸罈等大器，有專門技師，非盡人之所能為也。

溪貨實可包括在黑貨之內；總稱之曰粗貨。惟業戶多居華溪湯渡一帶

，而出品則係酒甕酒罇之屬，與黑貨稍有不同，陶戶乃另歸為溪貨一類。溪貨原料與黑貨同，施釉亦同。坯之來源，多係廠製。每年出品，約值二十餘萬元。

宜興陶業所以分此五類者，大概因陶戶之居處，及出品性質之不同而別。如此定名，則不甚可解。如青貨色並不青，黃貨色並不黃，砂貨並非砂製。沿習已久，亦不必究其來源，五類之中，以黑貨溪貨，銷路最廣，營利亦獨多。青貨以價值昂貴故，不甚發達。近年來世人多用瓷器，於是青貨業益見凋敝。黃貨砂貨，僅足以生存，不見發達，然亦不致驟落也。

四 泥 料

製陶之泥，種類甚多，大別之為紅泥，綠泥，紫泥，團泥，白泥，夾泥，嫩泥，假土等。紅泥最貴，產黃龍山者帶黃色，產南山者為純紅色。泥質甚細膩，耐火度不高，常用以粉飾於紫泥坯器之上。亦有純用紅泥製坯者，但多為精細輕巧之件。燒後作紅色，光澤甚佳。生貨價約四元一担，磨研之後，每担約十三四元。其次為綠泥，產青龍山。質地較紅泥稍粗，燒後作暗綠色，耐火度稍高。生貨每担約價二元，經磨研者，價約六七元一担。坯戶向泥廠零購，每元可十六斤。紫泥又名紫砂，多產黃龍山，質甚粘。上等者為深紫色，價約二元一擔。其次者，稍帶紅色，價約五六角一担。耐火度甚高，燒後作青紫色，若火度不透，或泥質欠佳，則燒後作暗紅色。團泥非原產，乃用紫泥一份，與綠泥二份，拚合而成。燒後作香灰色，故又名香灰泥。白泥產大潮山之白泥場，質鬆，與江西之瓷土相似而較遜者也。耐火度甚高，不易燒到其融點，且不甚適於上釉，故多以之製黃貨。生貨每元可購七担，練熟之後，每元約購二担。夾泥產處甚多，或名甲泥。以耐火度之高下，而分老夾泥，中夾泥，嫩夾泥三種。老夾

泥質地最佳，耐火度亦最高，每担約價三角。中夾泥次之每擔約價二角餘，嫩夾泥不及二角。夾泥燒後作暗紅色，因質地粗糙故，不能製青貨，為製粗貨之重要原料。嫩泥產處亦多，以南山產者為最佳，取其水色（即燒後之光澤）較他處為美也。耐火度甚低，高溫即融，常與夾泥拚合，用製粗貨。黃貨砂貨中，皆拚有嫩泥，取其質細而粘。嫩泥有紅嫩泥綠嫩泥二種，價值相彷彿，約三四角一担，用處亦無大不同。假土有紅色者有黃色者有黑色者，實即平常各處所有之泥土，但質地視若稍純耳。假土常攪入他種泥內，以製粗貨。所攪成份愈多，則貨愈劣，僅取其價廉而已。假土自身，無大價值，所費者，乃搬運之人工。

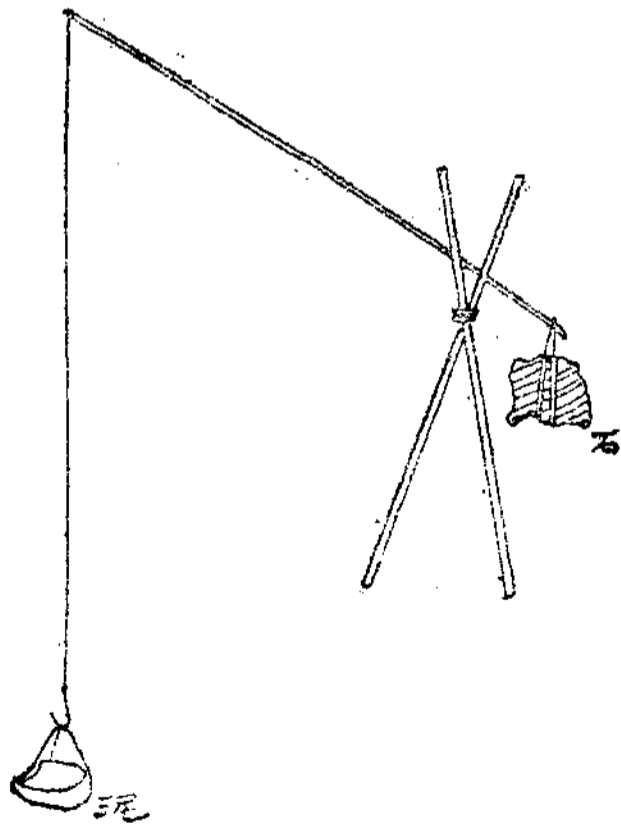
泥之種類，如上所述；究係何種成份，作者採有樣品，尙未及分析，待分析後，再將結果報告。至於產泥之區，則鼎蜀山之四周，除北面外，均有出產。在東面者；有南山，白泥場，黃泥場等三處。南山產夾泥嫩泥，離窯場約二十餘里，且泥料品質，不見優良，故不甚重要。白泥場在大湖山，離窯場十二三里，產白泥，共十餘蕩，日出一百餘担。並產嫩泥。黃泥場離窯場五六里，產老夾泥，共十餘蕩，在鼎蜀山南面者；有下窰，潤衆，周畝上等處。皆離窯場約十餘里，產嫩泥夾泥。在西面者有西山前，湖莊，黃龍山，青龍山等。西山前，湖莊，離窯場八九里，所產均夾泥，嫩泥之屬。黃龍山與青龍山，接近窯場。惟青龍山之泥，已經用完；即所留，亦頗有限。黃龍山所產之泥，最為名貴。有紅泥，年產五百餘担；綠泥，年產二千餘擔；紫泥，年出一萬餘擔；夾泥及嫩泥，為數頗鉅，約數未詳。假土則各處均有，產山麓者，紅色或黃色；在田野者，黑色。

五 採 泥

泥之層次，殊不一致。大概情形，則最上層為碎石，碎石之下為假土。

，更下爲嫩泥，嫩泥之下爲嫩夾泥，中夾泥，老夾泥，再下則爲紫砂。紫砂之下，常爲黃石。若將黃石鑿穿，有時尙有泥層，則皆質地優良之紫砂。惟工人咸不敢鑿穿，恐有泉水冒出，致全部俱遭損失。泥層之厚薄，亦不一致。有掘下數尺，即得紫砂者；有掘下數十丈，而僅爲夾泥者。所謂紅泥，則雜嫩泥層中，綠泥雜紫泥或夾泥層中。層次之厚薄，雖不一致；界限則甚分明。山人採泥，初不知其中是否有泥。常有費數月之工，掘數十丈而毫無所得，亦有數日而發現深厚泥層者。掘泥者，得山主之同意，開始發掘。掘得之後，視泥之美惡，山主抽值，每担自數分至數角不等。工人則每日可得工資自一元許至二三元不等。採出之泥，以小車裝運至埠，再由小船運赴作場。運泥之工資，則每日自半元至七八角。

採泥方法，分明蕩與暗蕩二種。所謂明蕩者，乃自地面，向下開掘，如鑿井然。所掘愈深，則蕩口愈大，待掘得泥層，乃向四周發展，然至深亦不過十餘丈而已。自蕩底運泥至蕩面，山人利用簡單槓竿作用：以二竹竿，相叉成支點，叉口橫架一長竹，一端繫繩，可垂入蕩底，鉤盛泥之筐而出；他端繫一石塊，相抵泥之重量。此法並不見佳，惟設人工挑運，似稍便耳。大概情形，可以下圖表之：





暗蕩者，乃自地面，鑿斜入泥層，如探礦然。道之四周，壘以石塊，以防塌倒。底層鋪以石級，以便工人將泥土搬出道外。左圖為暗蕩之門，略示壘石之狀。入道有時長至里許，然亦不多見。洞高可一人許，廣及一人肩担而行。暗蕩所產之泥，量多而質美，有開掘數十年而未罄者。

泥料採出之後，須經製鍊，方可製坯。製鍊之法，除白泥用水淘外，其餘先堆積場面，經雨露風霜之侵蝕。歷時愈久，則泥質愈佳，往往堆積數世，視為傳家之財產者；然近來因地皮昂貴，多不忍久堆，且風吹雨霖，損失頗大，尤以土法採泥，出量不多，陶戶製坯，消費甚速；即欲堆積，亦無存留之泥。故多隨採隨鍊，省却堆積一步。上等泥料，如紅泥綠泥紫泥等，先經日曝風吹，使之乾燥。上泥加嫩泥少許，中泥加嫩泥三成，下泥加嫩泥四五成。於是入石磨中研碎成粉狀，用篩篩過，去其粗粒，傾入缸中，加清水調和，成乾漿狀；大約每泥十斤，和水三斤餘。取出乾漿，以木鏈鏈之，務使其均勻有粘性，每人每日所鏈，約六七十斤而已。鏈鍊之後，切成方塊，每塊重十三斤，堆於陰溼處或仍置缸中，覆以溼布，上加木蓋，防其燥裂，如已失去適當水份，必復行鏈鍊，使其溼不粘指，乾可成型，乃以製坯。

如所用泥料，係夾泥，嫩泥，假土之屬，用以製粗貨者，則無須研磨，徑用人工打碎。先以適當成份，（如製粗貨，用夾泥十車，嫩泥七車，假土三車）堆於場面，日曝使乾，以木鎚擊之，擊碎之後，用竹篩篩過，（約10mesh）去其粗塊及石子等；然後以水調和，用水較前稍多，蓋在戶外，有蒸發故也。製坯之時，尚須經一度之鎚鍊，但不若製青貨時之均勻耳。

製砂貨之泥，乃將適當成份，（紅假土六十份，嫩泥十六份，烏假土十份，）傾入水池中，成稀薄之泥漿。粗粒與不化雜物，沉於池底。然後將上層泥漿，用勺灌入淺池內。池深不及一尺，方可丈餘。日曝使乾至適當粘度，以竹片切成徑尺之方塊。用時稍加鎚鍊，即可製坯。

生白泥內，雜有粗砂甚多，故必經淘鍊。淘鍊之法，乃用白泥三十份，嫩泥十份，嫩夾泥五份，傾入池中，注以清水。池多依山為形，三個或四五個為一組。第一池最高，第二池次之，以次遞下，如圖所示：



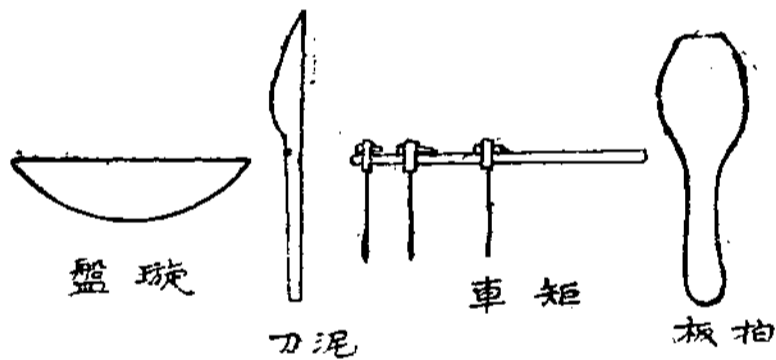
淘 泥 池

將水注入第一池時，攪以木棍，則質細而輕者，和水流入第二池。更攪第二池，則尤細者，流入第三池。如是第一池所餘者，盡為石礫粗砂之屬，最下之池，乃為細粘之白泥。待乾至適當粘度，稍加鎚鍊，即可製坯

六 製 坯

宜興製坯之法，頗為特異，為他處之所罕見。無論何種器具，不論方

圓繁雜，皆以泥打擊成片，裁割湊合而成。製坯之器具，其重要者；為璇盤，泥刀，矩車，拍板，木鎚，竹片，鐵針，角篋，揩皮等。璇盤為半球形之木盤，上面平式，置坯其上；下面球式，可以旋轉；徑約一尺左右，圖所示。矩車實即圓規，以竹針為定心，他端裝有鐵刀，或一把，或二如把，定心與刀，皆可任意移動。拍板為薄片之木板，用以敲擊泥片，使成定形。木鎚用以鎚擊泥塊，使成泥片，上部為圓脊，下部為平面。竹片用以括泥，使厚薄均勻。鐵針為開鑿圓孔等之用。角篋揩皮，皆所以使坯面光潔，為製青貨時，必不可少之具。此外泥機，水罐，泥缸，托盤，抹布，亦為必不可少之具。



欲明製坯之程序，今以製碗為例：須先拍成厚薄均勻之泥片，用矩車裁割大小不同之圓泥片三，又摺扇片一。以扇式泥片，圍為碗身，底部之口，以一圓泥片封之，上口亦封以圓泥片，成圓椎體之下截形。然後在璇盤上，用拍板拍擊之，使成半瓜式。再於底部，加一小泥片，曰脚片。入泥缸中，俟略乾，以牛角篋光碗之四週。然後開去封口之泥片，脚片亦切去一部份，留一圈為碗底，再事修飾，乃成完全之坯。置諸盤上，乾透後，入窯燒之。

此種製坯，為宜與陶工特長之技，無以名之，名之曰片合法。雖然複

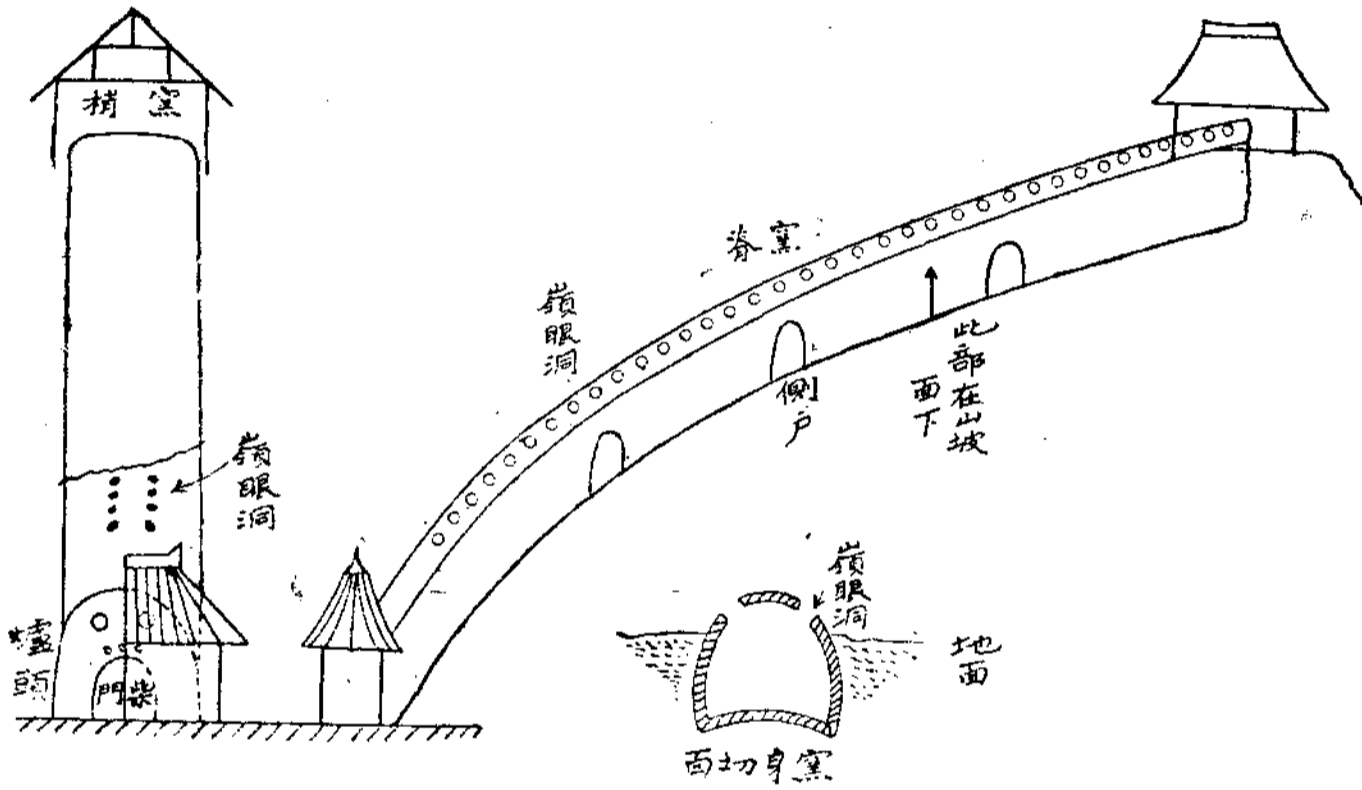
雜之器具，極奇形之玩品，無他機械，皆恃雙手爲之。此法特長之點，凡造成之器，方圓咸可準中規矩。同種之器，同一尺寸造成者，大小方圓，可千篇一律，無煩改削。且其變化性甚大，無論何種形式，皆可做造。其弱點則爲造坯過於遲緩。以製碗論，工作本極簡單；然每工能成二十隻者，已稱最高之能手。如製茶壺，工簡者，每工可成坯數具；較複雜者，一二工一具。出品不多，價格於是不得不高。

製粗貨之坯，則更奇特。譬諸製缸，先成下底，然後搓泥成條，粗可盈握，肩諸肩頭，重及一担，徐徐圍底作牆，且圍且拍。牆高六七寸，卽行停止，待泥乾變硬，繼續圍拍。凡成一缸，工人圍坯而轉者，不下千匝。卽肩頭担泥之重量，亦復可觀。然因向例如此，不聞有改良之說。

七 窯 座

宜興之窯，建築甚陋，依山坡爲形，作長條式。窯身如半個大圓筒，下端略小，上端較大。身之大部，埋入土中。最下部曰爐頭，開柴門於其端。由此斜向上引，約成三十至四十度角。此段長自一丈至二丈許，無其他設置，再上則在窯脊之兩旁，相對開徑不及一尺之孔，名嶺眼洞。於是每隔三尺六七寸，卽設嶺眼洞一對。窯之長短，無一定規矩；長者有嶺眼洞四十餘對，或稱四十餘節，短者亦三十餘節。窯梢留徑尺之孔，名曰龍尾，爲洩煙之總門。自第一對嶺眼洞起，窯之斜度，卽不復作三十餘度角；大約自七八度至十餘度。近梢數節，窯身更平，僅作四五度角而已。窯之全身，皆用磚片砌成。背脊一部，厚一尺許。窯身兩旁，其埋入土中之一部，每數丈開一小門，名之曰側戶。工人穹背可入，以便裝坯與出貨之用。窯之內部，青貨窯約寬六尺，高亦如之。粗貨窯寬八九尺至丈許，高

亦按此。砂貨窰最小，人常不能直立，窰底作弧面形，但曲度不甚大耳。
今示之以圖



右圖示窰身之一部，在背脊者，乃窰眼洞，在旁者，即側門。此圖係在燒就出貨後所攝，非工作時之情形也。——
(未完)

橫跨漢森河大吊橋之鋼索

A. E. Cripps 著

夏 行 時 譯

近百年來工程學的進步，在橋樑學方面也有很可觀的成就。約在一世紀前1831年的時候，有一個德國的青年土木工程師約翰·路勃林（John A. Roebling）遠渡重洋的到了美國。他是個富於幻想力和努力於文明發展的人物。從他，美國才得了以金屬類物製造繩索的技能有了這種繩索後，交通轉運貨物搬輸上才得了極大的便利。並且更可利用這種繩索，架起吊橋來，跨過水流極急的河道那種吊橋在當時已視為很可驚奇的事，可是在現比較起來，却不過是一件簡小的工程而已。

1856年在路氏計劃下成功了一條 Niagara吊橋。1867年，又成功了一千零五十七呎長的Cincinnati-Covington吊橋。但是這座橋是從不少的困苦艱難中產生出來的。那時的一般人非但不和他表同情，甚且對他辱罵反對不遺餘力。然而這事無論如何終不能撓屈他堅強不拔的意志，他並且更進一步的想把紐約和勃魯克林（Brooklyn）間用吊橋來連接起來，這件事委實令當時的一般工程師都譏笑他了，你想兩地相隔一千六百呎，橋身要高出水面一百三十五呎，而竟可藉幾條繩索支撐起來，真是想都想不通。然而本着他的學問毅力，終於在能力所到之處凱旋了，這件大工程開始於1870年，完成於1883年，歷時十有三年，成此世界八奇之一的勃魯克林橋可是不幸的，他却於動工的先一年逝世了，完全這件工程的，是他的兒子 Colonel Washington A. Roebling

此後美國橋樑工程師的學識，遂突飛猛進。East River上已架了三座大吊橋。其中有二座橋所用的纜索是路勃林公司的出品。現在漢森河(HudsonR.)也有吊橋跨過了。這條橋，就是我們現在所要說的，它的一端接在 Pough Keepsie一端接在 Bear Mountain 上。1929年七月九日第一條工作的小吊橋先從河面上升舉了起來，張在兩座高大的橋塔上；這兩座橋塔，一座是立在紐其賽(New Jersey)的李堡，一座立在對岸紐約的華盛頓堡。這世紀來工程上的偉大造就，實在已超過了夢想了。

把概念弄清楚些，我們可用比較的方法來說說，把已成的勃魯克林橋和現在正在建造中的漢森河橋比較一下子：勃魯克林橋需十三年功夫去完成它，費用達二千五百萬元美金。漢森河橋五年已足，而費用則需六千萬元美金。前者跨度為一千六百呎藉四條主纜支持着，每條纜的直徑達15 1/2吋，以五千二百九十六根鋼索合絞而成，重達九百噸。後者跨度，達三千五百呎，主纜也是四條，但每條的直徑達三十六吋，重七千一百二十五噸，每纜以六十一絞(Strand)鋼索互相絞成，而每絞又以四百二十四條鋼繩合成。換言之，即每纜需用二萬六千四百七十四條鋼索。勃魯克林橋的橋塔高二百九十五呎，而漢森河橋橋塔則達六百三十五呎。

當然，關於建築的技術方面也進步了許多，有許多在造勃魯克林橋時所用的方法，現在都已過去了。旁的且不論，就拿這四條主纜來說，已需用五千七百萬磅的鍍鋅線，每條線的直徑是0.195吋。——和鉛筆心差不多粗細——假使把這線延長的排着呢，那末可有十萬六千哩長，足夠環繞赤道四週有奇。這些線都是歸路勃林公司獨家承造。那公司自始祖約翰路勃林起，子子孫孫一直傳到現在。大部份的線都已造好。現在貯藏在紐其賽廠中，佔地三萬方呎，堆至八呎高。然而這門一大堆鋼線的需求量，在

美國以前所有的七座吊橋中，都是望塵莫及的，而這公司中却能於指定時間內造成，並且對於固有的營業毫無妨礙。

鍊鋼用四十噸酸性平爐。當精鍊的鋼已達到所需要的化學成分時，把它倒入十四吋見方五呎高的模(mold)中成鑄塊(lngot)徐徐冷卻後，再經一度加熱，而後將鑄塊軋成兩吋見方的長條鋼每三十呎一切斷，軋後再熱，而後運至一特製的連續桿軋軋機中(Continuous-rod mill)轉成圓桿，經加熱使成標準組織後，浸入酸中去其銹片。如此洗淨後，再投入石灰中使其中和。末後烘乾之，以備拉條之用。

在拉條工作中，把已經冷卻的桿條，從合金鋼製的鑄型(die)中，順孔眼的大小依次拉過。每拉一次，鋼條的直徑減少一些，拉至直徑等於0.192吋時為止鋼條拉成這樣細的絲後，須再經一次洗刷，這次的刷洗，必須十分乾淨，絲面上不能有雜質，而後可以浸入鍍鋅器中，把表面上包上一層平均0.002吋厚的鋅。而後抽出來，把它繞在直徑約等於五呎的圈，每圈鋼絲約長四千呎。雖然造線前材質已經過了精密的檢查，然而還不敢十分的信任。在製成後未使用之前還須經一次極精密的試驗。關於它的韌性，接性，韌性，抗張力，抗壓力，抗曲力等，每圈都須夠到及格的條件。五十萬個圈，個個都需經過這層嚴格的試驗。

在應用的時候，這許多圈又另外的繞在一個直徑六呎三呎長的鋼軸上，每一軸車，可繞十六萬呎的鋼線。圈與圈之間是用一種特別螺旋方法接起來的，這種連接的力量，可以和原來的鋼線自身之力相等，不致在接縫處拉斷。如此接去，可以一直到隨便多少的長度。

繞線時，Roebing公司用一種特製的機械，轉動得很快。凡這些機械，都藉電為原動力。關於這些新機械的構造和應用方面需一本專門書來敘

述它，此處從略了。

這座橋上需用四千軸車的鋼線。建築時把線裝在特製的車中運至岸邊，將車拖上浮艇送到橋座下，由橋兩岸之起重機舉至橋脚處。

兩岸上繫住這四條巨纜的繫纜錨(Ancorage)在紐約方面，是一個 110,000 立方碼的混凝土；(足夠敷一條十八英里寬五十三半英哩長的大道。)其中嵌着一千四百根有孔鋼桿 (Eye bar)每桿約長四十呎，重一噸。在對岸紐其賽方面，則有二千一百根鋼桿，此鋼桿總重量達四千噸。兩座塔上用去四萬噸的建築鋼材，用鉚釘 (rivet) 釘着。在這上面，就要支住那四條巨主纜。

裝掛巨主纜之前，當然有許多工程須完成的。豎立了橋塔，建築了繫纜錨之後，第一件工程就是先把工人工作時需用的踏步橋架起來。這條橋也是用四羣巨索支架着的，每羣巨索是用九條鍍鋅直徑 $2\frac{7}{8}$ 吋的鋼繩絞合的，而每條鋼繩是以六絞每絞三十七條鋼絲的鋼線合成的。這才有趣呢，就是這座踏步橋上所用的繩索，已等於熊山橋(Bear mountain Bridge)上所有的繩索了。

這些繩索。都是從美國最大的機器上造出，那坐機器能造直徑五英寸的繩索，造好後，對於繩的力量，須經一次精密的測驗。在這個上面，路勃林公司又造了一座試驗機，這座機器現在在世界上稱者最精密完備的。(對於抗拉力，可以量至二百萬磅之巨，)那座踏步橋所用的繩索，放在這座機器裏試驗，得到一百三十六萬磅以上的抗拉。這是已早超過了這繩所需要的力了。

架踏步橋索的時候，也用一種新的方法。以前，把繩的一頭繫在繫纜錨上，另一頭舉過橋塔的頂上，從頂上掛下來，放在大駁船上，再把船駛

到對岸的橋塔下，再把繩舉過塔頂，而後又放下，繫在纜錨上。現在呢，這麼笨累的方法已不用了，只把纜分成三節裝置，置兩節各繫在兩頭的繫纜錨上，把另一頭牽至各自的橋塔下，中間一節主纜平放在河底，三節用特種方法在橋塔基處連接起來，在同一個時間內，兩座橋塔上同時放下起重機來，把纜從河底鉤起，至需要的地位為止。

踏步橋索架好後，空中軌道線也就在繫纜錨間拉起來，以備運貨張纜之用，同時踏步橋橋面上的鋼板也敏捷的搭架起來，造成安穩的踏步。兩旁的扶手桿，和鐵網欄干，為工作安全起見，也在主索踏步間掛繫起來，築成一條穩牢固實的空中長廊。

在這長廊中，每一段落都裝有臨時電話，以備工作時互通消息之用。在造勃魯克林橋時，電話是沒有的，藉以傳話的祇有旗語。此外，有一事須敘明的，就是；這座為建築而設的踏步橋，在全部工程將竣工時，就折下來，把所有的材料，都用大吊橋上去。所以這是一種非常經濟的利用。

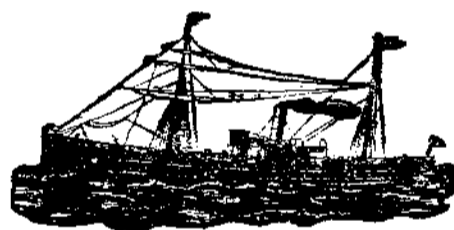
每個橋塔也裝有升降機，頃刻間即可直升到塔頂上。這兩座升降機是永久的設置。

工作的工程師，辦事的職員們，都住在橋上的臨時小屋子裏。日間工作時坐的椅子，晚間就翻開來當床鋪睡。

溫度的升降，和鋼索的升降，也很精密的測驗着。因為我們知道，溫度升上後鋼索便有伸脹，降下後便有收縮。因此，四季中橋的升降，也是意料中的事。凡是這些枝節瑣屑的問題，都需放在嚴密考慮之中，而人們藉着腦力的運思，駕御着精良的機械，儀器繼續不斷的努力，研究，發展……

這件大工程開始於去年十一月，希望能於明年底可與世人相見。於是
在這世紀的歷史上，又添了一頁很光榮的關於人類文明事業的記載。

(本文譯自Scientific American一九二九年十二月號)



鉛蓄電池之放電

萬 一譯

原作者 (東京)日本蓄電池株式會社 久保田鐘一

輒近因電氣智識之普及，一般生活，遂與電生密切之關係。無線電也，電傳形像也，舉凡新奇利便之事物，蓋非電莫屬矣。蓄電池者，蓄積與移運電力之唯一關鍵也。故其侵入一般家庭，亦遂如決大川焉。然蓄電池之作用，涉及化學與電學二者，自來化學家目為異端，電學家則視為難於探討之機械；故其性質與功用，至今尚不為常人所深知。其憾為何如耶？今將於此以使用蓄電池時首先發生之放電現象，就運用方面，一述其大較焉。

鉛蓄電池之活動物(按即所謂 active materials，乃蓄電放電時有化學變化之物質。蓋所以別於框板也。)當其全體充電時，陽極變為過氧化鉛(PbO₂)，陰極變為海綿狀鉛(Pb)。若以導線連其兩極，即起下式之化學變化而生電流，電池遂放電。



此即所謂 Gladstone 氏兩極硫酸鉛化說；而一般人所公認為說明鉛蓄電池內部作用之反應式也。據此，電池放電時，兩極俱變為硫酸鉛。但此等硫酸鉛，與化學的即結晶性硫酸鉛不同；易經通電而還元為 PbO₂ 及 Pb。

以上僅係因放電而起之化學變化。但就物理性言，其容積亦變化甚大。當 PbO₂ 及 Pb 變為 PbSO₄ 時，均增其體積。尤以陰極為甚。近二倍。倘於蓄電時一加考察，正與前相反而為收縮現象。故蓄電池之活物，在蓄

電放電中，恰如人體心臟，行鼓動之作用。

其次，硫酸之比重與涵量，吾人咸知其隨放電而漸減。理論上。其減少之程度，與放電電量成正比例。故汽車上所用蓄電池，雖使用無定，吾人可由其電液比重之低降若何，而知其放電程度之大概焉。

復次，由放電所得之電池電量，因放電方法之不同，其值能有甚相懸殊者。公式之表示因放電電流之變化所生容量之增減者甚多；然各有得失，均未能正確而適用。今略舉數式於下：

$$(2) \quad I^n t = c$$

式中I表放電電流；t表放電時間；c為常數。n之值，視極板之種類，新舊等而異。Plante type約為1.30—1.40, Pasted Type約1.50—1.75。由此更可推出以下各式：

$$(3) \quad I^n t = c \quad I_1^n t_1 = I_2^n t_2 = I_3^n t_3 = \dots$$

又

$$(4) \quad I, t, a = K$$

K為容量；a為係數，依放電電率而變化如下：——

放電率(時)	a之值
8	1.00
6	1.070
2	1.54

此式甚簡，但與事實不盡符。又當急放電時，Sheldon 氏式甚適用。即

$$(5) \quad K \sqrt[3]{I} = m$$

m為一係數，因極板之種類而不同。惟此式用於緩放電時，不甚正確。適用於緩放電而有正確結果者，則有 Liebenow 氏之式：—

$$(6) \quad K = \frac{M}{1+aI}$$

式中a及M表常數。李氏又立一式，能適用於緩急兩放電情形。式如下：

$$(7) \quad K = \frac{A}{1 + \frac{a}{tn}}$$

以上各式，僅皆實驗式而已。何者可用，尚須相當之考慮。但設由此而已判定某放電率之容量，則其他放電率之容量，得由計算而略知之。

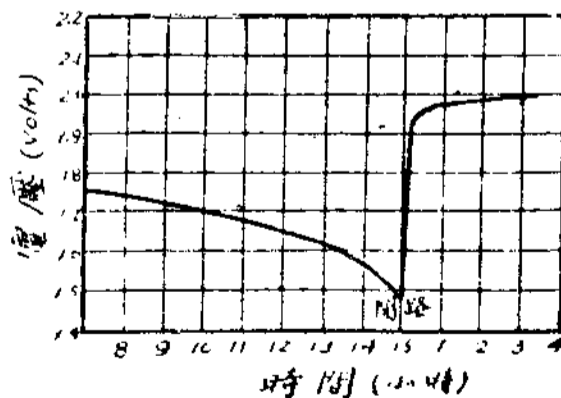
電池放電時。其最後電壓，通常為1.80 volts 但因放電電流之大小，其值亦略有變易。放電率（譯者按：此當係指放電電率 discharge current rate）大時，最後電壓低降；放電率小，能使電壓增高。此中關係，由下式計算出之，可無甚差誤。

$$E = 1.66 + 0.0175t$$

式中E表最後電壓；t表放電率(時)。

再，放電率即相同，連續放電與斷續放電二者，容量亦復不同放電終了後之電池，斷其回路，斯時所起電壓之恢復狀態，即如第一圖所示。

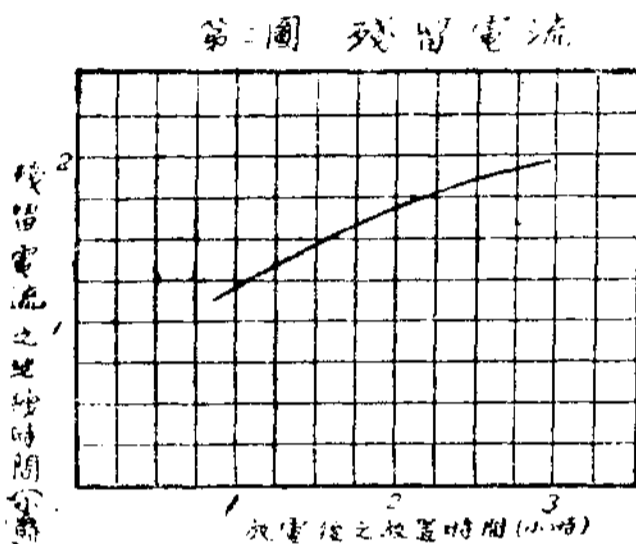
第一圖 放電之最後及恢復電壓



觀此圖，開路後電壓立即恢復上升。故放電最後電壓之測定，當以規定電流，於放電時間內行之。開路後，容量之一部，即同時恢復。可復用以放電。是名殘留電流。依開路時間之久暫而有多寡。第二圖即

其一例也。

由連續放電而達最後電壓後之殘留電流，不可利用。但斷續放電時，倘未達最後電壓，可應用與殘留電流相當之電流。總容量亦且增加焉。



因放電率之變化，而有容量之增減。其故可由下之二項解釋之。

(一)電解液之擴散作用 設令電池放電，依(1)式之反應；電液中之硫酸漸為消費。放電進行，硫酸量即缺乏。但因比重之相差，電液即行擴散，而行硫酸之補充作用。故放電能持續進行。但當急放電時，(1)式之反應極速，補充作用因而不能充分。電池之作用既困難，電壓遂低降矣。反之，當緩放電時，放電之進行平穩。尤以斷續放電時，開路後即有擴散作用。故放電時間延長，容量遂亦增加。

上述擴散作用，隨溫度上昇而加大。欲使放電較易，放電時，倘於可能範圍內，使溫度上昇，甚為有效。

(二)活動物氣孔之增減 由放電而生之硫酸鉛，其體積甚大，前已言之。故當放電進行時，活動物之氣孔，即同時減少。而尤以急放電時為甚。結果遂使極板內部之活動物，不能與硫酸相接觸。而成掩埋狀態。容量因而減少焉。

蓄電池雖絕不使用，每月必充電一次。倘將容量已定之蓄電池，充電

而擱置之；分別在一，二，三月後以同一電流放電，即可知放置時日愈久，容量即愈減少。尤以極板或電液中有雜質混入者為甚。此皆由於電池本身放電之結果。本身放電，因電池之製造法，電液之溫度等而不同。普通電池，每日約失其容量之0.5—3.0%

雜質對於電池之影響，能使陰極或陽極之活動物，或二者俱變為不活動狀態。甚或使格子材料起腐蝕作用。電池之壽命因大短縮。今將因雜質之混入而失其容量之諸例，列表於下：—

電液百克中所含雜質之重量(克)	雜 質 混 入 狀 態	放置四週後對於前次容量之百分率	
鎂	0.05	Mgso ₄ · 7H ₂ o 硫酸溶液	92.5
同	0.5	同 上 同 上	87.9
錳	0.005	KMnO ₄ 硫酸溶液	62.8
同	0.01	同 上 同 上	65.4
同	0.025	同 上 同 上	30.1
同	0.05	同 上 同 上	56.5
同	0.05	同 上 水 溶 液	49.2(e)
同	0.5	同 上 同 上	6.15
鋅	0.05	Zn so ₄ · 7H ₂ o 水 溶 液	90.0
同	0.5	同 上 同 上	95.0
鎘	0.05	CdCl ₂ · 2H ₂ o 水 溶 液	77.2
同	0.5	同 上 同 上	84.1
鐵	0.01	Fe so ₄ · 7H ₂ o 水 液 溶	75.0
同	0.05	同 上 同 上	77.75
同	0.1	同 上 同 上	77.4
鎳	0.05	NiSo ₄ · 6H ₂ o 硫酸溶液	76.7
同	0.5	同 上 同 上	76.8
錫	0.05	金屬錫溶解於硫酸者	85.5
同	0.5	同 上	74.4
砷	0.05	As ₂ o ₃ 溶解於鹽酸後以硫酸驅除其中之氫者	71.7
同	0.5		47.3
銻	0.05	SbCl ₃ 鹽酸溶液	76.0
同	0.5	同 上 同 上	59.5
銻	0.55	Hgso ₄ 水 溶 液	93.5
同	0.5	同 上 同 上	92.5
銀(第一次試驗)	0.005	AgNO ₃ 水 溶 液	74.2
同	0.05	同 上 同 上	83.9
同	0.5	同 上 同 上	59.7

銀(第二次試驗)	0.01	} AgNO ₃ 中加入硫酸去 其硝酸根者	83.0
同	0.05		74.3
同	0.1		69.6
同	0.5		33.5
鉑	0.0001	Ptcl ₄ · 5H ₂ o 水溶液	—
同	0.01	同 上 同 上	—
硝酸	0.10	HNO ₃	81.0
同	0.50	同	84.0
同	1.00	同	92.5
同	5.00	同	53.7

綜上所述，約言之，則電池因放電電流之大小，而有容量之變化。最後電壓亦同時變動。斷續使用電池，能增加其容量。但同時又有本身放電之作用。使用時間相隔過長，本身放電之影響即甚大。而本身放電現象，復因雜質之存在而有顯著之增加焉。

國家水工研究所的需要

Blake R. VanLeer 著

沙 玉 清 譯

這是一面美國人寫給美國人自照的鏡子，從裏面，可以看到自己幹的是什麼？我現在大膽的，將牠借過來，給我們大家照一照，看看我們幹的是什麼？

水功研究所，同我們貴國已發生過一度的瓜葛了；美國水工大家 Freeman 博士，被聘來華的時候，曾擬有一個黃河的治導計劃，主張採用丁壩，但是有兩個先決的問題，不易給牠一時定奪，一，丁壩是否適合於黃河的個性？二，黃河上的丁壩，以那種形態和壩距，最為經濟？民國十三年，博士乃將所擬就的各種丁壩的形態；函請德國 Dresden 大學的 H. Engels 教授試驗，那知所得的結果，非常圓滿，竟超出博士意想之外！黃河的下游，長有六百多公里，每壩的價值，都在萬金以上，若計劃的壩距太小，所生的効力雖然相同；但影響到治河的經費，就有幾千萬金的出入了！博士的計劃，倘事先沒有做過一番精密的試驗，就無從取決了！

本校土木科，繼承着前河海工科大學的使命，對於新中國的水利前途，負有莫大的責任！亟宜做照歐美辦法，在校內建築一所極偉大的水工實驗室，做全國水工建設的領導！現在工學館正在胚胎的時候，譯者不敏，敢將這一點虔誠敬獻！篇末並附前河海工

科大學所擬的中國水工研究所計劃一則，當作參考。 譯者附識

只要一次更重的災禍降臨，我們更看清了自己：對於自己生活的世界上的知識，是怎樣的渺小！我們更證實了自己：繼續不斷的努力，研究故有的方法，試驗新產的理論；使我們的知識步步的爬進，是怎樣的需要！我們更發現了：這是每個時代的天責，我們要儘我們的力量，使人類脆弱的智慧，向前累積！當然水工學也是工學的一枝，假如一九二七年密河（Mississippi）的洪水，能帶了更多的，水工問題研究的資料來，那末未來的結果就決不會和想像中的一樣無捉摸了！

一九二六年，密河的總工程師，關於工程的報告上說：『這可以說得普通一點：治河的目的，本來是在：得到一條航運安適的水道，但從現在的情況看來，並可防護洪水的侵襲了！』

這很可注意的！這報告是曾運過了幾位工程師的精密腦筋，根據了許多可靠的記載，作成的，怎知這已成了一件不幸的歷史事實！當報告出刊了尙未及第七個月密河的洪水，浩浩蕩蕩的竟沖開了最大的水災記錄，這很顯然的，所謂充分的勘察，可靠的記載，畢竟還是：不可靠不充分的！

密河河工局的區工程師，於水工研究所，已一致的代表渴望了！他們有時，亦曾化了很少的金錢和時間，在一種急迫的情形下，做過許多零碎的工作，至於從事切實的研究，和熱烈鼓吹的，當然首推水工大家Freeman博士，當博士長美國土木工程協會時候，他在年會席上，對於國家水工研究所一番的建議：理論的精澈，信仰的堅誠，思想的偉大，喚起了當時許多著名工程家的同情，願追隨博士一致努力！

本着科學的精神，實驗的手腕，解決各種水工問題；有兩個重要的意

義：一方面，研究河道縮成小模型的構造問題；另一方面，要剖析各種水工問題裏的活動因子，和因子彼此間，相互作用的關係，慢慢的，精密的，應用一種實驗的互消法；尋出問題裏的真理來！這當然是一種比較堅深的工作，很有許多的實驗者，因欲求速求快，竟連第一步佈局 (Set Condition) 工作尚未完成，已遭灰心失敗了！但這和研究精神的本質上，是毫無所損的！

這是不光榮的：素有聲望的工程家，依然的在那密河上自在的工作，那種沒有經過科學研究和考察過的 Humphreys, Abbot 兩大工程，這亦是不光榮的：這樣豪大的 Wilson 壩，沒有經過模形的研究；在計劃時，確定永不發生毀壞的，但是現在畢竟時常發生了！這亦是不光榮的：一個自號文明的國家，在現世紀尚沒有一所偉大的實驗室，做國家各種水工問題的嚮導！這亦是不光榮的：一個曾在密河工局裏，做過很多有價值工作的前輩工程師，最近向該局建議，擬造一個極大的溢道，在他的計劃書上，只僅僅的寫着些該溢道將來的功用！這許多許多批評的缺口，我們只有趕快一致鞏固，把壩立刻的永遠的封塞！重建一條新的大道，這條大道，能供給我們一種更有理智的希望，使我們對於水工問題，更有理智的認識！

在別國，我們可以看到好多的榜樣！過去的二十年間，水工研究所的工作，已在德國萌芽而長成了，Stockholm 研究室，對於各種水工問題的解決，已宣告很大的成功！Chalottenburg, Karlsruhe, Dresden, Dazig, Munchen, Vienna, Brunn, 以及Zurich等許多水工研究所，裏面的內容，和工作的情狀，都可從Freeman博士所譯的『歐洲的水工研究所』“Wasserbau Laboratorien Europe”一文裏看到，

這并不是革命，亦不是過激；我們對於水工研究所，所抱的意志；惟一的，就是使水工問題和科學精神的握手！利用透明的玻璃水槽，直接觀察各種水理的變象，因為許多水工建築物，牠的作用，非常繁複，決不是我們今日已知的數學方法，能給牠完全表明的；數學上的『次元分析術』(Dimensional similarity)定理，可給我們一個極大的助力，因這種定理的應用，久已獻給航空，造船，水力機械等學理，一個極顯著的進步了！

水工研究所裏，已成的功績，可舉幾個說說：德國Munich 工科學的實驗室，最近利用玻璃牆的水槽，研究各種堰工的構造，發見許多新理。這實驗室，並曾做過 Eitting 水力廠的溢道模型研究，建築共費三年多的工程，全部的計劃，都是根據這實驗的結果完成的！Stockholm水工實驗室，曾做過北瑞典 Hammerstansen 壩的模型試驗，決定該壩最有的洩瀉方法？和最低的建築價格？經過精密試驗的結果：竟發見原定計劃的缺點極多，這模型僅費一五〇〇 Kroner（德國金幣約合三元半）但經工程師估計，較正後，對於原定計劃所節省的，約有二五〇〇〇〇 Kroner 云。

柏林海軍水工研究所(Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau)居德國各實驗室的領袖，由 Krey 博士指導研究，完成許多偉大的工作：像 Geesteneunde 海港的研究，港堤的長短，在洪水或退潮期內，對於港內水道流量的影響？這實驗的目的：在找出港堤最適宜的位置，形色和長度，使港埠進口，得到最小的沉澱，其他像決定 Bremen 新築的 Columbus 突堤，對於 Weser 河的影響。同時並找出：港堤對於新港進口，最好的位置，最適宜的形式與長度，以及 Columbus 堤與已成堤，相接時最佳的方法。至於河道模型的研究，已做過的，有 Elbe 河，一部分的低水

位治導問題，其他許多著名的功績，我們可從德水工大家 George H. de Thierry 所著的 “The Application of Laboratory Research to the Study of Hydraulic Problems” 一文裏找著，

上面所舉，不過是幾個功績的實例，但是牠偉大的魔力，已足夠使許多懷疑家的信服而贊嘆了！第一，因為有許多值錢的工作，可以這裏產生出來；第二，這種工作，是可被一般的，所謂標準眼光——可節省金錢，——所贊美的；第三，這是我們的天責，工程師做這種建議，對於良心上是嘉許的！

現在美國握有行政大權的工程團體，亦已承認，這種工作的必需了！在提出國議會的議案，已博得總工程師的贊許，而簽字了，並已籌得一筆開辦的經費，公衆方面，亦將有一表示同情的提案，但是他們的意見：以爲這種工作，可附設於國家標準局內 (Bureau of Standards) 我們很希望，在這次重大的會議裏，於這種水的領域裏的研究事業，能給牠幾分光明的注意！

這個工程師團，在一九二七年，久已表示反對，這種多事的建議了；但是他們新來的領袖，却有試他一試的意想，再從另一方面看：這許多精民法學者的工程師，對於這個問題，却也久費苦心了，他們以爲：第一，國家至少要供給兩個實驗室，這於金錢似覺得太費了（德國至少供給有十個如是的實驗室）第二，這當以政府做主動，一般土木工程家，可許來這裏工作，解決各種水工問題，這問題最好能使國家經營的，水道港埠等工程，直接發生利益者！第三，政府所辦的國家標準局，是一科學機關，習慣上當可應付這種工作！

水工研究所裏，馬上可給我們一個最大的利益的，就是解決密河岸堤

的固定問題。有許多的著作，已一致承認，這是可能的事了！我們過去所有認為最好的治導方法，事實上簡直是又慢！又費！又不永久！假如現在能有一種，又快！又省！又可保永久！的方法找到；那末大部分的濬掘工作，就可因此省去，密河的航行度，可得極大的進步！噫！這是當然的！沒有一種更嚴重的思想，能勝過，使河道變得更短，更直，宣洩量增加的治河玉律的！除非要等到一種又賤又快又永久安全的方法產生以後，雖然，其實對於這問題的剖擊方法，是很明顯的！我們只要當堤岸開始被沖毀的時候，詳細的，審慎的，考察當時各種變化的情形，以及水流的速率，泥土的粗細等等，把牠在實驗室裏，經過精密的研究，並假設各種護岸的方法，重複的試驗；等到發見一種方法，在實驗室裏證明牠是有效以後，於是就可移在較小的水道上，如法試驗，假如更證明有效了，那末就可應用到密河上了，這種工作，當然需要相當的時間，金錢和精力。但是假如牠的結果，能夠減少現在每哩三〇〇，〇〇〇至五〇，〇〇〇金元的堤工。牠的効率與速度能超過老法十倍，並且可得永久的保持安定。那末這一些些的試驗所費，又何必去計較呢？

這種所得的智慧，同時更可供獻到另一個洪水治理問題，合這兩種偉大的供獻，國家水工研究所的前途，就給我們滿充着無量的希望！和無上的熱誠了！

附前河海工科大学擬中國水工研究所計劃書：

(一)事業 本研究所之設，其目的有二：供大學學業上之研究一也，供中國水利工程上之試驗二也。計劃中所能研究之事項，分下列四類：

(甲)製定正確之公式，以水管與水門射出之流量，水管與渠道中之

流量，簡言之：為製定公式與圖線，以備計劃工程師解決平常估計之用。

(乙)為土木工程師解決特別難題，如河道與河港之改良，堰壩之構造，水力與城市給水之設施，潮汐之影響均屬之。

(丙)輔助造船技師，用小模型以研究各式舟艦，在水中發動之阻力。

(丁)輔助機械工程師，以改良水車與唧水機，

(二)組織 本研究所附設於全國水利局河海工科學之內，由該校水工學部主持一切。並以其水工主任教授為該所主任，內設研究員四人。助理員四人。均由大學土木工程科畢業生中選任之。其餘職員工匠，概由校供給。

(三)設備 本研究所之設計，採用德制：設傾斜河槽 (Tilting River Flume) 一座，約長二百尺，其傾斜度能變動，並行於河槽者，設水門槽 (Weir Flume) 各種模型壩閘，均試驗於此，置巨量電動唧水機，以供水之環流，排水量之精密測量，在長方水櫃中，用擺門與精確時計，或用范拖里管測定之。由以上設備足供工程方面種種之試驗，再加入本校原有水力實驗室之設備，誠足為吾國學術界放一異彩也？

(四)設備費

特建房屋及試驗場	二萬元
河槽及水門槽連機關及附件	一萬六千元
唧水設備連電機	一萬元
潮汐之設備	三千元

回行水管制及水櫃水塔	八千元
起重機連網架及軌路	七千元
各種精密量計及儀器	八千元
各種著名參考模型及圖藉	五千元
沙池及其他建築工程	三千元

共計八萬元

(五)經常費

製造模型消耗及修理	三千元
研究員津貼及調查旅費	四千元
出版印刷及預備費	一千元

共計八千元

(編者按研究員津貼及調查旅費一項係昔日所定恐尙須增加)

東京萬國工業會議及世界動力會議東京分會略況

(A) 東京萬國工業會議略況

1. 沿革 萬國工業會議之歷史始於三十年前。即1900年法國巴里大博覽會為濫觴。1901年Glasgow亦有世界各國之工學家會議。1606年美國巴拿馬運河竣工紀念；亦開會議。1915年San Francisco亦有國際工業會議。其後歐戰風雲告急，此種會議暫告中絕。至去年十月東京始召集戰後第一次之國際工業會議。

2. 經過 日本大正十四年三月(1925)美國Sperry博士寄電東京帝大教授加茂正雄氏，代表美國工業家一般意見，希望日本於五年內召集各部門之國際工業會議，日本工學會(由日本鑛業會，鐵鋼協會，土木學會，火兵學會，造船協會，建築學會，工業化學會，衛生工業協會，電氣學會，電信電話學會，機械學會，照明學會等十二學術團體組成)因可宣傳國內工業決定召集主掌之。請政府協助，首相若槻禮次郎亦表同意，大正十五年十月招致工學會幹部及實業界中有力者告以政府可協助十五萬元事。昭和二年(1927)上述十二學術團體代表集合各方人士組織準備委員會。以工學會長古市公威男爵為委員長，當時深恐外國不勇躍參加，經各國日本使館送豫告書於各國勸其參加。昭和三年(1928)成立評議會及萬國工業會議事務所，并分設總務，論文，會議，參觀，招待，計劃，資金等委員會。名古屋，西京，大阪，神戶及滿洲，朝鮮均有地方委員會組織。戴皇弟

秩父宮爲總裁，內閣總理濱口雄幸爲名譽會長，商工大臣俵孫一及澀澤子爵爲名譽副會長。古市公威男爵爲會長。團琢磨男爵斯波忠三郎博士及十二學術團體領袖爲副會長。昭和四年七月(1929)總裁及幹部各職員招宴駐日各外國公使。

3. 會期 昭和四年(1929)十月二十九日萬國工業會議及世界動力會議東京部會同舉行開會式。是時上午九時三十分總裁秩父宮以下及各國代表與國內會員共三千餘名參集於工業會議會場之日比谷公會堂行開會式。總裁及各會長致辭後；有美國Sperry博士，我國胡博淵及法伊瑞諸國代表之祝辭與演說。劍橋大學倫敦大學英國機械學會美國土木學會美國石油技術學會等均送祝辭。至十一時三十分開會式畢後，即繼開總會，古市會長爲議長。通過議事規則，由議長指定各分組會議諸組長如下：

第一部	工業一般	三名
第二部	精密機械，工具，航空，工業材料。	九名(內我國一名)
第三部	建築及構造	四名
第四部	土木	六名
第五部	鐵道及運輸	十一名(內我國一名)
第六部	通信	四名
第七部	動力，電機工業，照明工程	八名
第八部	機械工業，冷凍，紡織，汽車	八名
第九部	造船及船用機關	六名
第十部	化學工業，燃料及燃燒工業。	六名
第十一部	鑛冶	十一名
第十二部	科學管理法	二名

次由加茂博士緊急動議致謝電於美胡佛總統。繼有各委員長之會務報告，至下午十二時十分總會畢。十月三十一日至十一月六日間上下午各開分組會議宣讀論文，其間尚有園遊會茶話會及宴會多次，與講演會四次。至十一月七日上午九時四十分開第二次總會，十一時行閉會式。有胡佛總統祝電與美比英法德伊俄丹瑞典菲列賓荷蘭等代表演說，并通過決議案四件。

(一) 出席此會議之各國代表今後就各國情形研究國際技術家聯盟組織之能否，報告於下期萬國工業會議中。

(二) 請荷蘭王立工學會之荷領印度分會研究灌溉治水及對於米之栽培上經濟方法。

(三) 請美國土木工學會，國際河川通運協會，世界動力會議及各國各工業團體研究閘之構造及對於內壓力之構造上改良。

(四) 對於主辦此次萬國工業會議之日本政府及組成日本工學會之十二學會與其他各職員表示謝意。

此次參加之日本以外各國人數及國別如下。

國別	會員	來賓	總數
Argentine	1	0	1
Austria	1	1	2
Australia	3	3	6
Belgium	11	3	14
Burma	1	0	1
Brazil	1	0	1
canada	4	0	4

226	工	學	
china	51	1	52
czechoslovakia	3	1	4
Denmark	9	4	13
Finland	1	0	1
France	8	0	8
Germany	38	12	50
Great Britain	35	10	45
Italy	13	2	15
Netherlands East Indies	3	3	6
Poland	1	0	1
Philippine Islands	6	1	7
Straits Settlement	2	0	2
South Africa	2	0	2
Sweden	9	5	14
U.S.S.R.	9	0	9
U.S.A	131	111	242
Total	343	157	500

計日本以外共二十三國計 500 人。日本代表及會員中出席者約二千四百名。合計達三千人，傍聽者日約數百人，會期凡十日，其間七日係分組會議開八十三次論文總數 812 篇，我國 9 篇。

4. 分組會議論文略況

【第一部會】此分組會議中最可注意者，即捷克代表斯巴吉博士所提

出之「世界技術家聯盟之歷史提案」一論文。日本方面斯波博士贊成其主旨，僅主張日本因地理關係日本難爲此案之中心。次捷克代表阿部拉莫必氏完全贊成此案。故遂依議事會則送於決議委員會。次日本小西正二，德諾易好斯，瑞士希伯羅，美斯溝納四人各提出關於國際規格統一論文。但國際規格統一協會中英美兩國未加入，而美有論文，爲衆所質問。斯氏謂彼極希望美亦加入云。次西京帝大教授田邊朔郎博士有日本「工業發達史」一文，引聽者之注意。

【第二部會】 建築材料方面有日本內田祥三之水泥與 Mortar 之研究及美模阿氏之「構造材料科學的發達」等可堪注意。航空方面有英國滿帝氏單葉機與複葉機之經濟的研究，謂低速商用機宜用單葉，高速軍用機宜用複葉云。德泊倫圖博士之流體力學上電影與日本栖原博士之每秒可撮四萬五百頁之超高速度電影機實爲航空界之兩大偉績。（普通電影機每秒僅攝十六頁）。精密機械方面有美國拔健斯氏「測距離用之精密機械」一文，述美國各種長度測定用具之發達。日本田中館博士謂1875年以後世界各國採用米突制，獨英美未加入，勸其亦取共同行動云。其他日本東北帝大佐藤博士與拔山博士發明之電氣微音聽診器，與日本宮本渡邊兩氏之高速運動速定器，及日本小幡氏之極小測微器等均極饒趣益，我國有論文二。（關於螺線發條及求不規則形面積二篇）

【第三部會】 建築方面有日本地震後復興事業諸論文，我國有論文二（一爲中國建築之價值一爲Solid trnss）。建築音響學方面有美日各發表，而日本地震後耐震建築及「五重塔與地震」（日本地震雖激而塔不倒）諸論文尤堪注意。

【第四部會】 俄略克尼斯溝氏之「俄領海港灣工程之科學的研究」及日

本井上範氏之「海岸波浪新測定法」物部長穗氏之「地震時地壓測定」及安特來氏之「阿爾泊斯山隧道工程之經驗」等論文最可注意。關於我國者有「黃浦河與長江口之浚渫材料及浚渫方法」一文。

【第五部會】關於鐵道方面有英國曲爾登氏之燃油電氣機關車宜於重貨車牽引，登山等用之發表，關於意大利國有鐵道論文多篇，德伯力克斯氏之最近十年間德國鐵道技術之進步，日本平井氏之「鐵路隧道之通風」，日本鐵道省之「丹那隧道報告」（丹那隧道開掘之難為前代所未聞）等甚堪注意，其他有鐵道車輛修理及鐵道電化論文多篇，我國有論文一。

【第六部會】德 Telefunken 公司技師阿爾古氏之「電送寫真與 Television」，及日本丹羽博士之論文，馬可尼公司歐葛雷氏之短波送照之畫像歪偏防止法，日本鯨井博士之「祕密通信」，日本八木教授之祕密通信及用4米突短波長之100km間通信，又此教授關於短波Beam傳送等均甚新異。我國有「濾波器之瞬時電流」一篇。

【第七部會】水力電氣方面有俄略克尼斯溝氏潮力發電之研究與計劃，日本之水力發電所，及水力與火力之經濟的並用等論文，火力發電方面有美國之水銀蒸汽透平發電所等論文。其他日本遞信省加藤氏之「日本二十二萬Volt送電問題」，日本瀨藤氏之氮化鋁薄膜之製法及應用等。美國愛迪生公司副經理利浦氏之「電燈之技術的管見」一文，大為聽衆所注意，關於高壓電纜(Cable)有瑞典，日本，英，美，意等國論文。其中尤以意國歐麥奴里氏之含油電纜為重要，日本之誘蛾燈，電燈育蠶與轉化，繭之檢查等研究，集人注意。我國有論文二，一為「用 Multi-dimensional vector 之多相交流表示」，一為交流發電機之瞬時分析。

【第八部會】關於汽車有構造部分品之設計使用等之研究。美國格林

氏之「美國公共汽車上諸有趣味各點」一文中述美國公共汽車體漸增大，燃料費量亦增，將來須用較Gasoline有高沸點之燃料，示其統計。又美國漸用 Ait-lrake 於公共汽車以增大安全性云。蒸汽機關方面有英國阿倫氏之凝汽器與給水加溫裝置之最近發達之發表，日本東京帝大竹村博士以玻璃容器注水加熱，用電影攝取水之循環狀況，又該大學加茂博士述水管式汽鍋之沿革而推獎日本發明之高能率田熊式汽鍋(Takuma Boiler)。美國極斯伯氏之高溫高壓蒸汽容器之製作，我國有「蒸汽透平之能率表」。瑞士吉利氏述圓形氫氣壓縮機之加里製造大工場。美泰勒及日星野兩氏述遠洋漁業之魚類冷凍法，日本宮城氏有「日本Centrifugal pump. 之發達及井口教授之設計」，今井氏有「高溫燥鹼法」等論文。

【第九部會】英罕丁生氏之「船用往復式機關 (Reciprocal engine) 之發達」，日本末廣博士之「船舶震動之實驗調查」，石川氏之「船用非鐵合金之研究」，法倫希氏之「技術上軍艦裝甲之之制限」等最堪注意。

【第十部會】關於液體氫汽及氫之經濟的利用，各種炸藥之發達現況有諸專家發表。德蒲歐勒氏之「最近染料化學進步」及「將來竹之製紙利用」，英之段，莫兩博士就粉炭論汽鍋之燃燒，等最重要。

【第十一部會】美斯密斯氏之「美國石炭鑛業之發達」，日本本多博士之「日本金屬工業之最近發達」，撫順煤鑛日人久保氏之「南滿撫順煤鑛之水力採煤法」，日本永積博士之「日本煤鑛業技術之發達」，日本德住氏之「燃燒粉炭之日本銅鑛爐之發達」，美歐斯太氏之「美國煉鋼業之機械裝置」，瑞典彼內迭氏之「鋼之內裂原因」，美雷管氏之「石油問題之國際觀察」，我國之「銻之分析」及「最近銻冶金之發達」等最重要。

【第十二部會】伊國馬洛教授之「歐洲合理化運動」，伊國泊爾馬夫人

之「工業上科學的組織之理論與實際」。日本高橋氏之「因呼吸蒸汽之要求量而定Rivet職工工資法」，德國彼得孟氏(同濟大學教授)論一般心理學最近研究與其對於產業心理之影響等論文最著。

(B) 世界動力會議東京分會

1. 沿革 世界動力會議乃英國電機製造協會 (British Electric and Allied Manufacturers Association) 之發起，以賓維氏為總理，得世界數十國之工學及科學團體之協助，開第一次會議於倫敦(1924)。其目的乃研究各國及國際上對於世界動力資源之最有效的開發及利用方策。當時出席人數達八百許，決議使此會永存，設分會於各國，我國分會因工商部之發起，成立於去年，日本則成立於1927年。當1926年瑞士巴爾開分會時經各國代表決定下之分會及總會地點。

- (一) 1928年九月二十四日至十月五日英國倫敦分會
- (二) 1929年五月至六月西班牙巴爾塞洛拿分會
- (三) 1929年十月至十一月日本東京分會
- (四) 1930年六月第二總會開於德國柏林

2. 會期 1929年十月二十九日下午二時總裁秩文宮以下八百四十餘人齊集衆議院行開會式。至三時五十分畢，十一月七日與萬國工業會議同行閉會式。是日決定將俄國提出論文之「電力需要之國際統計標格之統一」，付議於今年柏林之第二次世界動力會議中，提出論文日本46篇，他國77篇。(內我國一篇)共分四組分會如下：

A部會(動力資源之國內與國際的發達)

- a 分科 石炭及其採取
- b 分科 油

c 分科 一般動力資源之開發及利用

B部會(電力之合理的利用及其經濟的管理)

a 分科 火力發電及其與水力發電之併用

b 分科 電力輸送及配電

c 分科 電氣事業管理

d 分科 一般

e 分科 水力問題

C部會(運輸)

a 分科 鐵道運輸

b 分科 汽車

c 分科 船舶推進

D部會(動力發生之能率改善)

a 分科 一般

b 分科 蒸汽發生及蓄積

c 分科 Steam turbine

d 分科 Diesel engine

雜 聞

各國無線電話廣播業概觀

無線電廣播業最初始於美國，1920年美之 Pittsburg 廣播臺僅有二三千之聽話者，至十年後之今日竟達千一百萬，但美國之廣播臺主為無線電機販賣者，報館，學校，百貨商等所經營，以廣告宣傳為主旨，不取聽話費，英國之廣播業始於1922年，初為電機製造公司之協同經營後，因感其影響於國家及社會甚重要，改為半官半民之英國廣播協會 (B.R.C.)，現有廣播臺廿二處，聽話人數二百七十九萬餘，其經營與德國同可為各國之模範，德國之廣播業始於1924年，現有廣播台十處及中繼台十四處，聽話人有二百八十萬餘，其他法國等歐洲諸國之廣播業均已發達，國內立各廣播台設廣播網以聯絡之，日本之廣播業始於1924年，當時始有東京放送局一處，係官民間集金創立，徵收聽話費每月一元，聽話者初僅五千，一年餘超過二十萬電力初僅 500w，翌年增至 1.5 KW，目下又增至 10 KW，自後大阪名古屋等處廣播台相繼成立，設日本放送協會以統一全國之經營，現有 10 KW 廣播台七處，聽話者六十二萬餘，現東京放送局之新鄉廣播台不久預備實施二重廣播，用兩種波長同時廣播二種節目，(下列二表係日本東京放送局之調查)

第一表		各國廣播局數		
美國	約	600	德國	24
英國		22	法國	23
瑞典那威		31	蘇俄	16

西班牙葡萄牙 14 日本 7

第二表 各國聽話者數及普及程度

國名	聽話者數	調查年月	對於人口之百分比
美國	11,000,000	1929,7	10,4
德國	2,826,628	同 上	4,5
英國	2,791,717	同 上	6,27
法國	1,500,000	1929,4	3,6
日本	592,399	1929,7	0,7
瑞典	412,115	同 上	6,7
奧大利	356,532	同 上	5,4
比利時	300,000	1929,4	3,9
澳洲	298,551	1929,7	4,98
丹麥	265,905	同 上	7,7
加拿大	215,650	1929,5	2,4
蘇俄	201,000	同 上	0,19
波蘭	189,481	同 上	0,7
匈牙利	168,453	1928末	2,1
荷蘭	131,641	1929,7	2,9
瑞士	75,720	同 上	1,9
芬蘭	73,836	1929,5	2,1
伊大利	70,000	同 上	0,19

美國電界之鳥瞰

1929年美國電力總發生量約九百七十萬萬 K.W.H.較 1928 年增九十

萬萬K.W.H.較1927年增百七十萬萬K.W.H.此發電量約與美國以外諸國全發電量略等，美國發電能力已往七年間增加一千三百五十萬K.W.(約一千八百萬馬力)，此均因需要而增加，今年發電量預測其可超過一千萬萬K.W.H 矣。

去年中新增之電力電燈需要戶數約八十五萬，合計總需要戶數為二千四百零五萬，其中二千萬戶為家庭用電氣機具者。故家庭電化之普及可推知矣，工場用電力增加率為10%而家庭用電增加率為16%，現在美國人口之68%居於引有配電線之住宅中，電氣之普及較人口增加更速，例如1912年至1927年間人口增24%而發電量增626%電要戶數增465%至1929年末總發電能力達四千萬馬力，電化農場數有五十萬，動力之 $\frac{3}{4}$ 為電力，平均工廠工人每人用五馬力，倍增於1900年狀況，以工場電動力化狀態言之，德為美之66%，英為48%。

1929年賣電總收入約美金二十萬五千萬元，美國一般生活費較戰前增70%，而工業商業及住宅方面供電賣價略與戰前同，此因發電費低減之結果，Steam turbine 及高壓 boiler 之能率增進與大發電所之集中，大使石炭消費量低減，1919年每 K.W.H. 需石炭3.2lb. 而1929年僅1.65lb. 火力發電如此低廉，故與水力電氣(占總發電量之36%)，起猛烈之競爭，電氣供給費用中占最多者為配電費，公司資本之約60%用於發電所至用戶間諸設備上。

去年世界石油產額

美國“World Petroleum”誌發表去年各國石油產額共十四萬七千八百四十萬 Barrel 較前年增一萬五千六百萬 barrel 。

美國	1,006,681,000 bbl 波蘭	4,731,104 bbl
----	----------------------	---------------

	新	聞	235
凡內瑞拉	138,914,552	日本	2,100,000
俄國	98,148,890	埃及	1,868,304
墨西哥	44,687,879	俄領樺太	1,175,000
波西	42,500,000	加拿大	1,132,800
荷領東印度	36,100,000	歐括特	997,638
羅馬尼亞	32,500,000	德國	728,000
哥倫比亞	20,384,548	意拉克	532,000
祕魯	12,460,000	法國	497,000
亞爾然丁	9,800,000	捷克	161,000
屈里尼特	8,710,052	其他	70,000
英領印度	8,286,000		
薩拉瓦克	5,274,873		

去年世界鋁產額

據美國鋁專家安得生博士調查去年鋁產額實破從前之記錄，美國占首位，加拿大第二，德降第三，世界總產額達五萬八千五百萬磅，分別如下(單位百萬磅)。1928年為五萬萬磅，故約增17%。

美	198	瑞 士	48
加拿大	88	英	22
德	85	伊大利	15
法	66	奧	6
那威	55	西班牙	2

去年美國汽車工業界總結算

據美國 National automobil chamber of commerce 之調查，1929

年美及加拿大製造汽車總數 5,651,000 輛。其內乘客用 4,846,000 輛，貨車 805,000 輛。客車中轎車數占 87%，計 4,218,000 輛。乘客用車值 2,952,900,000 金元，貨車值 531,000,000 金元。合計 3,483,900,000 元。車胎產額 75,000,000 個，車胎值 600,000,000 元，汽車工業所用橡皮占全生產額之 85%，玻璃板占 67%，鐵占 19%，銅占 15%，木材占 18%，鉛占 27%，gasoline 消費量占 80%，去年輸出汽車 1,015,000 輛，輸出汽車及部分品與車胎計值 757,400,000 金元。較 1928 年增 32%，而占國內生產之 18%，輸入汽車僅 710 輛

美國個人收入狀況

據美國內稅局公表，1928年美國個人及法人所收入計有34,163,021,318元，其內個人有 24,625,488,175 元，法人有 9,537,533,143 元，個人所得在百萬元以上者計四百九十六人，(1914年僅60人)，年收三千至五千元者有 3,114,485 人，五千至一萬元者 561,114 人，一萬至二萬五千元者 265,438 人，二萬五千至五萬元者 67,300 人，五萬至十萬元者 26,833 人，十萬至十五萬元者 6,988 人，十五萬至三十萬元者 5,608 人，三十萬至五十萬元者 1,720 人，五十萬至百萬者 971 人，又有年收一萬至二萬五千元之人因投機而獲六萬九千九百三萬八千七百七十七元者。

本校工學院概況及其將來之希望

1. 歷史 民國十六年九月奉國民政府教育行政委員會令，由本校接收前東南大學工科，河海工科大學，南京工業專門，及蘇州工業專門四校，合併而成現在之工學院，因當時河海與南工均有駐軍，遂將河海南工及蘇工三校之實驗室與工場內機械，遷併於本校，僅蘇工之紡織工場機械悉留原校，本院現附設中等職業學校於該處以利用之。

2. 組織及分科 本院依本校組織大綱，設院長一人執行院務，各科設主任一人掌理科務，教員分副教授講師及助教三種，辦公室總理一切事務與教務，設職員數人，工場與測量儀器室及圖書室均置管理員，各實驗室則由各担任教授管理之。

全院教務取決於院務會議，由教授講師組成之，必要時由院長召集，各科教務有科務會議，由科主任召集之，關於出版等事另設委員會負責。

本院因歸併諸校原有各科之舊，現設五科，即(一)土木工程科(二)機械工程科(三)電機工程科(四)化學工程科(五)建築工程科是也，附設之中等職業學校在蘇州工專原址。由南京工專併入之高中工業科，本院已辦至畢業，後不續招。

3. 設備略況 本院各科設備以歸併各科原有設備為基礎，就財力所及逐年添充，設備之完善，各科雖有不同，而就國內工科大學視之，本院已可稱充實，就今之已有設備言之，則土木科有測量儀器室，材料試驗室，水力實驗室，機械科有金工場，鑄工場，鍛工場，木工場，原動室，機械工學實驗室，電機科有電機實驗室，無線電實驗室，電話電報實驗設備等。化工科有工業化學實驗室，炸藥實驗室，化學工程實驗室，製革實驗室

，工業分析室等，建築科有模型陳列室圖案陳列室等。

本院附設圖書室，備工業專門書籍及雜誌報告圖幅等，以英德日文為主。專供本院教授及學生參攷之用。

復成橋南京工專舊址有陶瓷試驗場，係本院與中央研究院合辦，出品佳良，蘇州工專舊址尚有紡織工場，規模較備，現供附設職業學校之利用。

4. 本院之將來 本院負有領導全國工程學術之責，目下設備已略具規模，此後逐年擴張，充實內容，自可易成一全國最完善之工程學府，不難與東西各大學相抗衡也，教授之天職自授課以外自當從事於研究工作，庶可求將來吾國工程學術得追及歐美，工程之大學教育，不僅為技術上之教練，并須注意於學術上之深討，故本院研究院之設立亦為至急之務也。

目下建設孔急人材不足，本院歷屆各科畢業生幸悉得實地服務於各種工程界，最近應時勢所需尚有添設鑛冶工程等科之議，蓋吾國建設之基本必在於利用富源，杜塞漏卮，以裕民生，故關於基本工業如鑛冶工程方面所需人材本院亦宜注意及之。

機械工程科實習工場設備概況

機械工程科實習工場計分原動室，金工場，鍛工場，鑄工場，木工場等處。茲將現有各種設備列述於下。

一、原動室

原動室為全部實習工場需用動力所發生之處。本室現有磚牆瓦房二間。計地面積一千一百五十方尺。內裝

水管式汽汀鍋爐	一座
進水邦浦	一部
迴汽熱水器	一具
五十馬力臥式汽汀引擎	一部
六十馬力立式雙缸汀引擎	一部
三十三啓羅瓦特直流發電機	一部
十啓羅瓦特汽輪發電機	一部
配電石板開關	全套
室外自流水井	一口

除房屋烟窗及新近購辦之迴汽凝水器外，以上室內設備共值國幣銀約二萬二千五百元。

二、金工場

金工場為一切鋼鐵機器等件加工精製之所。本場現有廠房兩大間計地面積四千八百四十方尺。內設

四尺車床	十部
六尺車床	七部
八尺車床	三部
十一尺車床	一部
十五尺車床	一部
中號六角車床	一部
大號平旋式雙刀架車床	一部
中號鑽床	五部
大號搖輻式鑽床	一部
十二寸牛頭刨床	一部
十六寸牛頭刨床	一部
六尺大刨床	二部
平銑式銑床	一部
通用式銑床	一部
圓軸磨床	一部
鋸床	一部
火石磨刀機	三部
二寸至二寸六分鋼軸傳動裝置	全套
二十馬力直流電動機	一部
大小各種車刀刨刀	二百餘件
各種大小鑽頭鑽套	一百十餘件
各式銑刀	三十九件
絞刀	十把

手壓機	一具
長案鉗棒	六樣
大號老虎鉗	六把
中號老虎鉗	十五把
一磅鋼榔頭	三十五柄
鋼鑿	五十餘件
各種銼刀	二百餘柄
中心銑頭	十二只
手鋸	二只
手搖鑽	一架
扳鑽	一套
大小螺絲公	五十四只
大小螺絲鋼板	三十付
水管螺絲鋼板	二副
水管螺絲公	五只
管子割刀	一把
刮刀	五柄
管子虎鉗	二只
管子扳手	二柄
大小各種螺絲扳手	三十九柄
螺絲旋手	五柄
平板	一方
各式割釘盤	十八只

各種角尺	十五件
中心角尺	一柄
分度角尺	一柄
鋼尺	三十五根
鋼皮尺	一件
兩脚圓規	六件
各種外卡尺	三十八件
各種內卡尺	十三件
分厘尺	一柄
分厘卡	二只
螺絲量器	一件
鋼絲量器	二只
轉數速度表	一件
水平尺	三件
銅質線錘	二只
鐵鉗	十二柄
字模	二副
彈簧磅稱	五只
大小磅稱	二台
其他雜件	二百餘件

以上金工場之設備約值國幣四萬七千二百元。同時足供學生四十人實習之用。

三、鍛工場

本鍛工場爲各種鋼鐵機械零件刀具逐步製作之所。現有室內地面一千二百方尺。置有

鐵爐及黑鐵烟窗	十座
鐵墩	十六只
蜂巢鐵墩	五只
煤斗	十只
燒火器具	三十件
鐵鉗	五十四把
榔頭	二十柄
大榔頭	九柄
平模	十柄
上下凸模	十二只
上下凹模	二十付
顯形模	十只
外卡	十件
鋼尺	十把
冷熱鋼鑿	二十把
銼刀	十五把
鉗棹	二台
老虎鉗	六把
用具鐵架	一張
銃頭銃模	九付
鼓風機	一部

電動機	一部
動力榔頭	一座
手拉風箱	一只
淬火油盤	一只
退火灰箱	一只
其他零件等	三十餘件

以上鍛工場設備約值國幣三千七百五十元。同時可供學生二十人實習之用。

四、鑄工場

鑄工場為一切生鐵生銅大宗機件初步製造之所。本場現有室內面積一千六百五十方尺。設備

細砂	五百餘石
大小木砂箱	一百餘只
大小鐵砂箱	二百餘只
模型板	三十件
平口鋼鏟	二十柄
篩子	二十只
衝錘	三十二只
括刀	四十八柄
鐵匙	一百餘件
長條鈎	一百餘件
氣孔鐵杆	四十根
起桿	四十五件

水罐	二十只
皮風箱	四只
各種零星用具	三十餘件
熔鐵爐	二座
鼓風機	一部
動力機	一部
長鐵桿具	五件
盛鐵罐	四副
大榔頭	二柄
壓箱鐵	四十條
磅秤	一台
鑄銅爐	一座
手拉風箱	一只
鑄銅罐	四只
鐵鉗	二只
熔鉛鍋	一只
泥心搖架烘板	全副

以上鑄工場設備約值國幣二千八百元。同時可供學生二十人實習之用

五、木工場

木工場為各種木製模形及鑄鐵機件需用木樣造作之所。本場現有地板面積一千七百六十方尺。備置

木工車床	十五部
刨床	二部

圓鋸床	二部
帶鋸床	一部
磨石機	一部
傳動裝置	全套
電動機	一部
木案	十台
鐵虎鉗	十把
各式車刀	六十柄
鋼榔頭	十八柄
各式木鑿	一百十柄
各式手鋸	四十五柄
各式手刨	三十三把
搖鑽	二只
絞花鑽頭大小	三十只
鋼斧	八柄
木尺	二十八件
角尺	二十九件
大小內外卡鉗	三十二件
兩腳規	三十四件
劃針	六十件
劃線刀	四十五件
木銼	五十四件
其他零星用具	一百五十件

以上木工場設備約值國幣六千二百五十元。同時可供學生三十人實習之用。

工學院材料試驗室之設備

本試驗室設備主於試驗鋼鐵水泥混凝土木材石材磚類道路材料等之物理的性質及強度等，兼備鋼鐵之熱處理與金相學(Metallography)的觀察，其他尚備煤熱量分析油之試驗等裝置，茲略舉設備如下。(參看插圖寫真)

(一) 試驗機具類

Amsler 20—ton Testing machine	1
Riehle 50,000—lb Testing machine	1
Riehle 30,000—lb Testing machine	1
Mohr and Federhaff 15,000—Kg Testing machine	1
Olsen—Tinius Torsion Testing machine(10,000in—lb)	1
Riehle hydraulic Compression Testing machine(50,000—lb)	1
Riehle Cement Testing machine(1,000—lb)	2
Michaelis Cement Testing machine(1,000—lb)	1
Shore Scleroscope	1

(二) 水泥試驗用器具

Vicat's needle	7
Gilmore needle	4
Le Chatelier Sp. gr. flask	7
Sieves	2sets
Cement boiler	2
Gangs of briquette molds	24

Cement Sampler	1
Moist Closet and Immersion tank	
(三)道路材料試驗用具	
Abrasion cylinders for macadam rock	1
Penetrometer for asphalt	1
(四)金相學及熱處理用具	
Metallo Microscope, and micro photographic apparatus	1
Gasoline furnace	1
Thermo couple and pyrometer	1
(五)油試驗用具	
Saybolt Viscosi meter	1
Flash point tester	1
Sulphur in oil apparatus	1
(六)煤分析用具	
Emarson Bomb Calorimeter	1
Nickle Crucibles	2
Balauces and Russian lamps	

試驗項目約三十二，為土木機電諸科學生二年級之學程。半年修畢，本實驗室又代諸機關官廳工廠等試驗一切建築材料，受理諸委託試驗或研究，又從事於國產材料之研究，以應社會之參考。目下吾國無一完備之材料試驗室，本校備有美德瑞士各國式樣之試驗機，將來陸續添置，可期為最完備之試驗室也。

工學院水力實驗室之設備

學理必根據於實驗，此科學家之常言也。而尤以水力學為尤甚。蓋現今所習用水力學之公式。皆為專家所得之結果。而各人以其器械設備之不同。其所立公式內之常數。每有相差尚巨者。不如其他科學之一定不易也。是以水力實驗為研究水力學者不可少者也。

實驗室之設備 本院水力實驗室之設備。略如附圖。室之東南隅有水塔。東北隅有貯水井。室前之西部有分水立柱管一支。室後有流速儀水槽。室內東壁下有五匹馬力電動機。及抽水機。次為積水桶。量水孔桶。及盛水槽。又次為量水槽。西南角及西壁下為試驗管。中有畢都及萬透列管。室北地下有洩水溝。溝寬十五吋深約二呎。溝底略傾斜。室北壁下與量水槽相對有量水桶。能容水十立方呎。

水塔之徑約三呎九吋。高二十呎。能容水二百立方呎。塔基高出地面約九呎。水塔之南側中部接有二吋管(P¹)直至地下。埋入土中約深二呎。管長約二百六十呎。西端與工場之抽水機相接。中與本校自來水管相銜。是為水之來源。水塔西側之下端接兩管。其一為三吋管(P²)通室內復由室內穿出與立柱管之上端相接。其一則為三吋管(P⁷)。亦適入室內。而與室內之抽水機相接。

立鐵管之徑為十二吋。高約十五呎。管之中部有三吋管(P⁴)通入水槽。下端有四吋管通入室中與四吋試管(P⁵)相接。

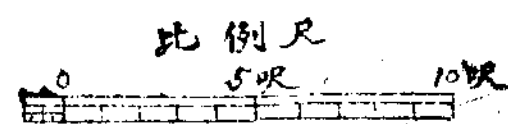
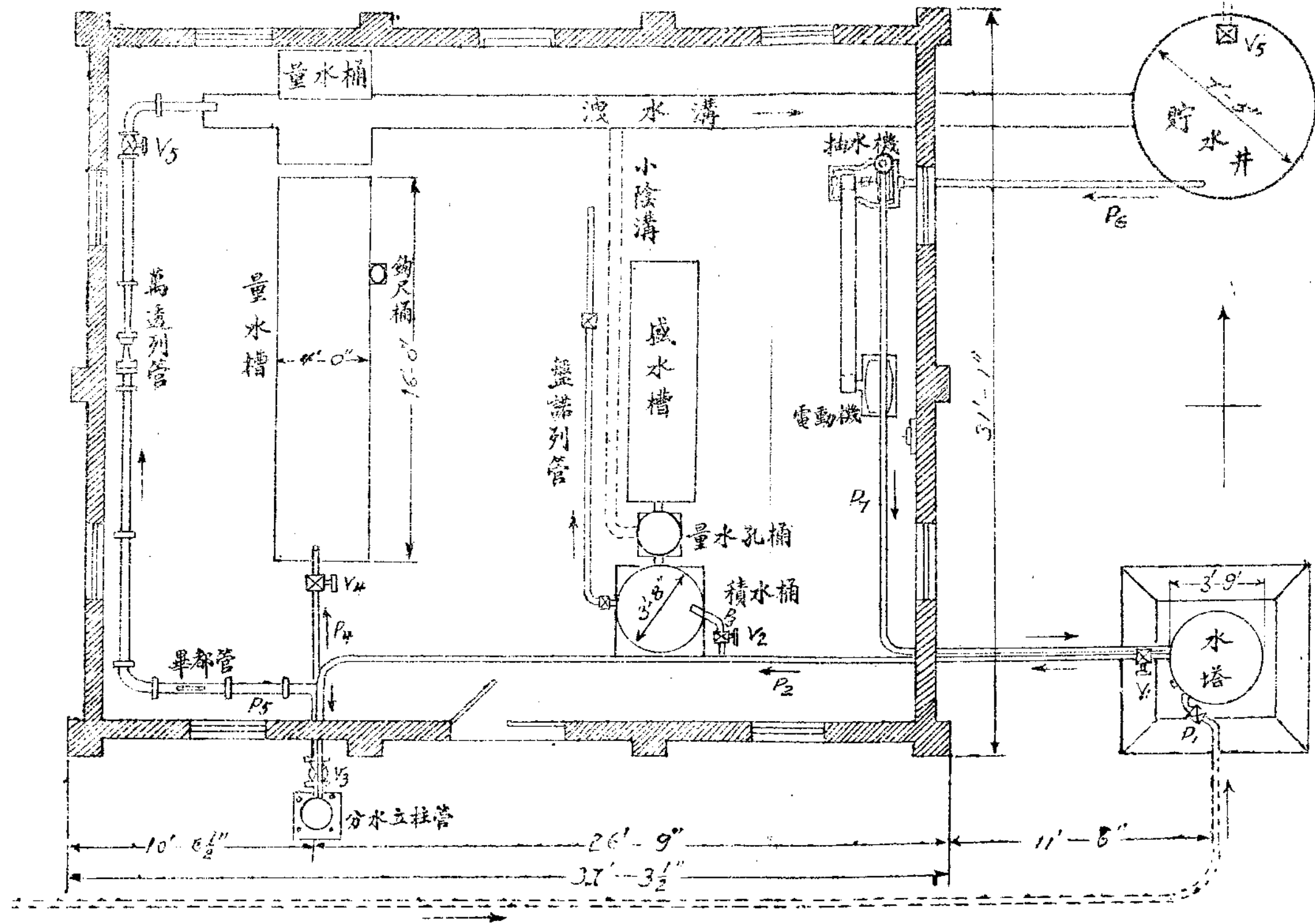
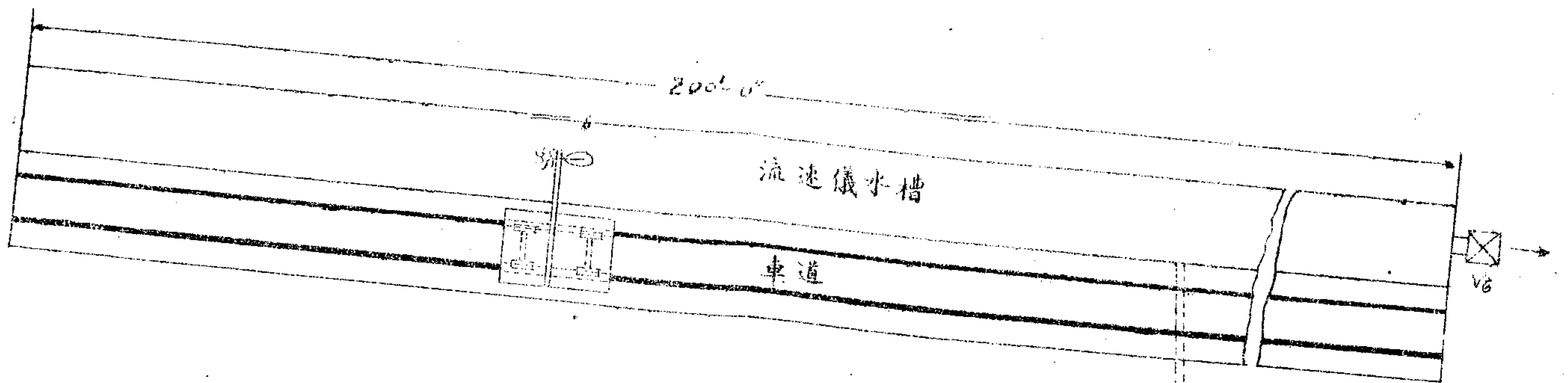
水之循環 試驗所用之水來自工場。或本校自流井。由(P¹)進入水塔。經水門V¹由P²管至立柱。開水門V¹則水放入量水槽。開水門V³則水放

入試驗管P⁵。經出水門V⁵流入洩水溝。量水槽之北端開十二吋寬量水門。水出量水門由接板接入量水桶。或直接流入洩水溝。P²管中之中間有短支管P³。開水門V³則水放入積水桶。桶之下端有兩小水門。一通量孔桶。一通盤諾列管。開小水門。可放水入量水桶及盤諾列管。該管之水可直接放入洩水溝。量水桶之水經量水孔放入盛水槽。再由盛水槽放入小陰溝流至洩水溝。凡經試驗之水均入洩水溝。溝底向東傾斜。故水得流入貯水井。井徑約七呎半。深約六呎。可貯水三百立方呎。井中之水可用抽水機由P⁶管吸上。再由P⁷管送至水塔。如是循環不絕。所用之水。不至消失。亦經濟之辦法也。

室後之流速儀水槽長二百呎。寬深各四呎。所需之水量頗巨。須由本校之自流井之水供給之。灌滿之後。亦能久用不竭。此槽與貯水井相通。並可放水入井。槽之東首有水池。亦可放水入池使乾。

實驗種類 以現在室中所有之設備。可作之水力實驗如下(1)水之溫度與比重之關係。(2)水之溫度與壓力之關係。(3)物之浮度。(4)量水桶之測定。(5)水壓計之測定。(6)用畢都管以測管內水流之速度。(7)用萬透列管以測管內水流之速度。(8)水流管內壓力之消失(9)長方量水門流量之測定。(10)三角量水門流量之測定。(11)短管流量之測定。(12)直上噴水管之試驗。(13)橫射噴水管之試驗。(14)各種流速儀之測定。

實驗之目的 實驗之目的有四(1)研求實驗之基本知識(2)實證水力學之理論(3)測定實驗室各種器械。以備測驗水力之用。(4)徵實驗以定公式。以解決水力上之問題。



電機實驗室設備概況

本院電機工程科現有電機實驗室無線電實驗室及電話電炤實驗用各種儀器供學生實驗之用電機實驗室分直流及交流兩部計有各式直流電機十五只大者七、五啓羅瓦特直流電表十七只交流發電機五只可供單相及多相實驗之用感應電動機及他種交流電動機八只交流電機大者十五開維愛各式變壓機大小六只可供變相及變壓之用一萬一千伏而脫絕緣測驗變壓機一只變流機兩只各種交流電表數十只電波表速度表等均全此外有各種試驗用儀器及附件如電容器電阻箱油開關自動開關節力器水箱燈桌等件凡基本之實驗大概均可舉行除上述各種機械儀器外尚有電流計電位計標準阻力電阻力測驗器絕緣測驗器等供實驗之用所須電力由本院工場內蒸汽引擎轉動之三十三啓羅瓦特一百十伏而脫直流電機供給交流電暫由變流機供給不久即可由本校發電所內柴油機轉動之一百啓羅瓦特二百二十伏而脫三相發電機供給惟該實驗室房屋太小不敷應用於去歲另建新屋佔地三千七百餘方尺內有儀器間修理間預備室等樓上暫供電話電炤兩項實驗之用現正從事內部裝置不久即可完工以資應用

姓名	石天錡	楊銘鼎	裘度	吳沫	鄭耀西	成連壁	呂式椿	姜蔣聰	鄺怡真	沈錫圭	張忻廉	陳允恭
字				沫之	榛山	璞如	壽徵	子騷			輝庵	敬亭
籍貫	浙江諸暨	浙江上虞	浙江嵊縣	浙江嘉興	河北豐潤	山東高苑	山東文登	浙江平陽	浙江嘉興	江蘇吳江	山東章邱	山東鄒平
服務機關	本院助教	衛生部技士兼中央模範軍醫院總監工	河南開封水利工程專門學校教授	浙江大學工學院助教	安徽建設廳公路處技士	奉天洮南洮昂鐵路局	安徽建設廳公路處	建設委員會東方大港測量隊	上海工務局技佐	太湖流域水利委員會	山東建設廳	奉天洮南洮昂鐵路局
永久通訊處	浙江姚公埠恆益泰號轉長瀾	青島甘肅路七十二號	嵊縣崇仁鎮運記號	嘉興西真市恆記	河北豐潤小鄭莊	山東高苑城東成家莊	山東文登呂家集南旺畝安守堂	溫州平陽蕭家渡	嘉興北門外池灣	吳江尙書巷	山東章邱埠村	山東鄒平城東石家莊

十七年級土木工程科
工學院畢業同學狀況一覽

十八年級土木工程科

周子範	仲明	江蘇宜興	導淮委員會	宜興方橋
邢丕緒	續甫	山東館陶	奉天洮南洮昂鐵路局	山東館陶縣城東北萬家莊
王旭瀛	仙舟	河北房山	華北水利委員會	北平北新橋草廠二十四號
胡慶霖	光普	安徽懷甯	太湖流域水利委員會	南京火瓦巷廿四號
孫士熊	有方	江蘇武進	導淮委員會	無錫漕柳鎮
黃文熙		江蘇吳江	本院助教	平望中木橋
馮時行		江蘇常熟	常熟建設局工務員	常熟寺前
陳藻	子芹	浙江平陽	江西水利局測量隊地形班班長	溫州平陽江南河北廟
劉鍾瓚	瑟生	江蘇寶應	太湖流域水利委員會	寶應姜家巷
盧作霖	普生	江西雩都	江西水利局工務員	江西雩都小溪
謝志安	樂民	廣西桂林	河南開封水利工程專門學校教授	廣西桂林謝太史第
黃儉	魯才	浙江金華	上海工務局技佐	北平前門大街中孚銀行黃茗新轉
李振聲	洪遠	山東博平	山東建設廳	山東博平城東北趙莊
華鍾文	郁吾	江蘇寶應	太湖流域水利委員會	寶應泇水鎮

翁立可		江蘇武進	上海慎昌洋行	常州察院民元弄里
胡瑞麟	伯驊	江蘇吳縣	浙江水利局	江蘇吳縣封門帶城橋下塘三十二號
陳寅		江蘇靖江	靖江建設局	靖江北門外汪春記轉
馮炳祥		江蘇松江	上海土地局	松江城內公安局東
褚峻生	伯甫	河北豐潤	華北水利委員會	平奉路唐山西新車屯義順棧
周元勛		江蘇宜興	營商	宜興宋瀆
唐鳳喆		河北靜海	浙江水利局	天津法租界三十七號路廿五所三號
崔韶成	詠九	江蘇淮陰	導淮委員會	清江浦南門大街
王祖槐	馨三	山東德縣	浙江水利局	濟南新東門外七家村十二號
徐渭三	映岐	浙江蘭溪	江西水利局	浙江蘭溪游埠徐恆源
曹晉華	志清	江蘇金山	浙江水利局	江蘇金山縣朱涇鎮
陳志定		江蘇武進	導淮委員會	滬甯路奔牛卜弋橋鎮
戴 祁	儀宋	江蘇丹徒	導淮委員會	揚州南河下街
林愛馴	鶴支	浙江象山	浙江杭州工務局	杭州湧金橋厚德里一號
周玉山		江蘇武進	浙江水利局	無錫漕橋鎮

朱文達	質光	江蘇吳江	清江浦淮陰農業學校	震澤大廟港
王序坤	子毅	廣西桂林	杭州公路局機廠	南京雙井巷十八號

十八年級機械工程科

楊允植	累夫	安徽懷寧	本院助教	蘇州濱綉坊
-----	----	------	------	-------

十八年級化學工程科

顧久衍	天培	江蘇吳江	浙江省建設廳技士	常州車站顧工程師住宅
錢湘壽		江蘇武進	上海陳國權建築事務所	常州四廟溝
滕熙	和卿	江蘇無錫	浙江省建設廳	無錫甘露鎮日新恆號
楊光照	藹然	江蘇泰興	總理陵園繪圖員	泰興北門外西河沿
姚祖範	景南	江蘇武進	司法行政部技士	常州奔牛鎮姚開泰
劉寶廉	行方	江蘇武進	本校事務處庶務組大禮堂監工	常州卜弋橋

十八年級建築工程科

顧厚熙	學範	江蘇吳縣	浙江水利局	蘇州東白塔子巷三十號
黃麗全	冠石	江蘇崇明	浙江水利局	江蘇崇明西成鄉龔家河頭

十八年級電機工程科

嚴 峻	峻夫	江蘇丹陽	本院助教	呂城陳恆立號
慶善馴	子良	安徽含山	杭州電氣局	含山縣南門
葉永康	迪民	江蘇上海	天津電話局	上海曹行鎮
崔華東	倍生	江蘇江都	首都電廠	邵伯真武鎮
阮 昕	亞民	江蘇江都	蘇州電氣廠	揚州古旗亭巷五八號
龔洪年	歲千	江蘇崇明	杭州建設人員養成所	崇明城內北街
錢紹宋	唐邨	浙江諸暨	杭州電氣局	上海開北天通庵路協隆里九二號
葉桂馨	一山	南 京	建設委員會	南京羅絲轉灣四號
葉永安	靜之	江蘇上海	上海滬容飛機修理廠	上海曹行鎮
崔華梁	灝生	江蘇江都	鎮江建設局	邵伯真武鎮
高邦俊	士奇	江蘇崑山	本院助教	崑山真義鎮
郁鼎勳	銘齋	江蘇海門	杭州電氣局	海門下張家鎮天來堂轉

編輯附言

一、本期稿件過多雖不乏佳作因限於篇幅不克盡載容俟次期陸續酌登
祈投稿諸君諒之

一、本刊現雖為不定期出版然深望各教授同學陸續多賜稿件俾於短期
內繼續出版實為至幸

編輯委員

土木科：	沈百先	陸志鴻	林啓庸	莊効震
電機科	薛紹清	單基乾		
機械科	錢祥標	張聞駿		
化工科	曾昭掄	丁嗣賢		
建築科	劉士能			

主 要 勘 誤 表

頁	列	誤	正
2	6	願	願
15	22	導國	導一國
16	6	倡	提
41	20	Brunton's	Brunton's (1)
74	3	Blot	Plot
92	9	$\sin wt$	$\sin \omega t$
92	10	$\sin (wt + \delta)$	$\sin (\omega t + \delta)$
93	14	$\sin wt$	$\sin \omega t$
93	15	$\sin (wt + \delta)$	$\sin (\omega t + \delta)$
103	9	EE ₁	EG
103	18	球	求
108	4	瑞	端
110	11	Methor	Method
115	2	內分布	內力分布
115	18	$\frac{\partial \sigma_x}{\partial y}$	$\frac{\partial \sigma_x}{\partial x}$
116	8	成 B 角	成 β 角
116	12	$z = (\sigma_1 - \sigma_2) \sin B \cos B$	$z = (\sigma_1 - \sigma_2) \sin \beta \cos \beta$
118	1	$\sin 2B$	$\sin 2\beta$
121	15	y^2	y^2
131	2	其金屬	其他金屬
133	15	auto claw	autoclav
134	4	鉛	鋁
135	17	Piy	pig
136	10	Dolgarrg	Dolgarr
137	4	27×10^{-6}	27×10^{-6}
137	6	annal.	anneal
137	7	20°C	20°C
137	7	鈍度	純度
137	8	不鈍物	不純物
137	9	不鈍物	不純物

139	7	純	鈍
139	10	純燒	鈍燒
139	10	第五圖	第四圖
139	14	純燒	鈍燒
139	16	25°	25°
139	18	martir	Martin
140	1	第四圖	第五圖
142	14	若	者
143	5	Dur \propto Imin	Durinea
143	18	Boueri	Boveri
144	2	holeres	holder
144	12	Eermelatatism	Fermentation
144	18	fud	feed
148	1	溫態	溫度
148	7	Alaqar	Aladar
148	14	徹	徹
149	20	Nloalium	Nesalium
150	4	保	係
152	3	Diirener	Diir e rer
152	9	→ autal	Lautal
153	4	Shorc	Shore
153	15	用度	用角度
153	19	鑄造硬度	鐵造溫度
156	3	硬	熱
156	12	傳熱度	傳熱度
156	18	熱水	熱水
156	18	熱化	硬化
158	5	用2對	用2吋
165	6	Comprength	Compressive
175	12	救海	救濟
176	22	以水	以水力
190	8	Neatdemeat	Neat cement.

工學第一期創刊號

中華民國十九年五月一日出版

編輯者	國立中央大學工學院
發行者	國立中央大學工學院
印刷者	南京東方印刷公司
定價	每冊大洋四角